

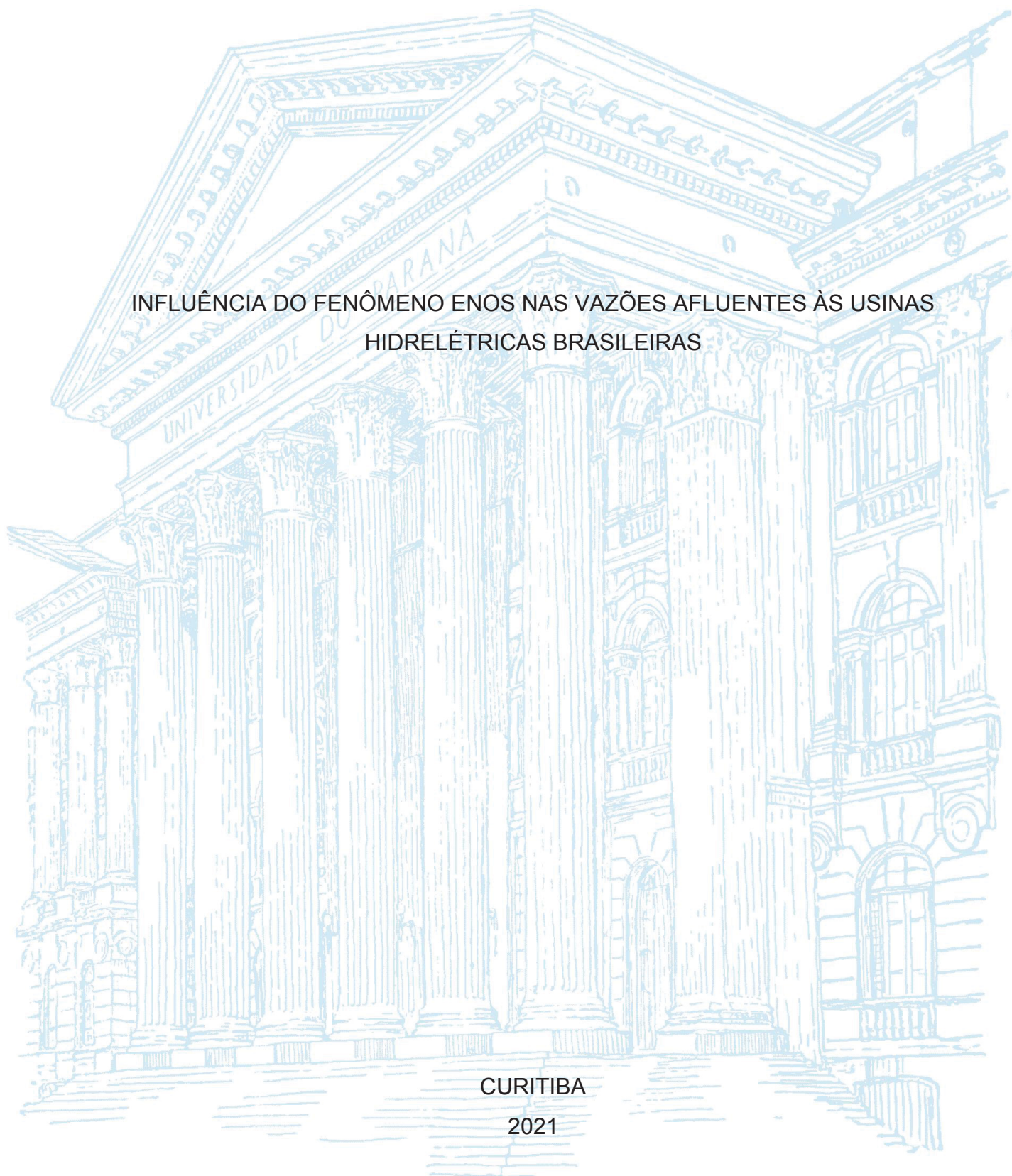
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATHALLI ROGISKI DA SILVA

INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS NAS VAZÕES AFLUENTES ÀS USINAS  
HIDRELÉTRICAS BRASILEIRAS

CURITIBA

2021



NATHALLI ROGISKI DA SILVA

INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS NAS VAZÕES AFLUENTES ÀS USINAS  
HIDRELÉTRICAS BRASILEIRAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Henrique Marco Detzel

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

S586i Silva, Nathalli Rogiski da  
Influência do fenômeno ENOS nas vazões afluentes às usinas hidrelétricas brasileiras [recurso eletrônico] / Nathalli Rogiski da Silva. – Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2021.

Orientador: Daniel Henrique Marco Detzel.

1. Corrente do El Niño. 2. Usinas hidrelétricas. 3. Wavelets (matemática).  
I. Universidade Federal do Paraná. II. Detzel, Daniel Henrique Marco. III. Título.

CDD: 621.312134



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE  
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL - 40001016021P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **NATHALLI ROGISKI DA SILVA** intitulada: **Influência do fenômeno ENOS nas vazões afluentes às usinas hidrelétricas brasileiras.**, sob orientação do Prof. Dr. DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 24 de Fevereiro de 2021.

Assinatura Eletrônica

25/02/2021 13:26:18.0

DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL

Assinatura Eletrônica

25/02/2021 11:47:39.0

MARCELO RODRIGUES BESSA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

01/03/2021 18:25:10.0

FERNANDO DEEKE SASSE

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica

25/02/2021 13:43:06.0

ELOY KAVISKI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

11/03/2021 15:09:37.0

LEANDRO MARIO AVILA RANGEL

Avaliador Externo (UNINORTE)

Centro Politécnico, Bloco V - CURITIBA - Paraná - Brasil  
CEP 81531-990 - Tel: (41) 3361-3210 - E-mail: ppgerha@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 77270

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>  
e insira o código 77270



## RESUMO

A variabilidade climática é um dos fatores que influenciam o ciclo hidrológico em uma bacia. Fenômenos climáticos de grande escala, como é o caso do fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS), causam perturbações que alteram a circulação atmosférica e, decorrência disso, é capaz de alterar o regime de precipitação em algumas regiões. Mudanças significativas na precipitação afetam diretamente o regime de vazões de uma bacia. Portanto, entender a influência de um fenômeno de grande escala pode ser de grande valia para o planejamento de uso dos recursos hídricos. Neste trabalho, a influência do fenômeno ENOS nas vazões afluentes às usinas hidrelétricas brasileiras foi avaliada com uma abordagem informacional com intuito de identificar o fluxo de informação que existe entre os índices utilizados para caracterizar o fenômeno e as séries de vazões. Nove índices do ENOS foram escolhidos, os quais consideram componentes atmosféricas e/ou oceânicas, sendo estes amplamente utilizados para caracterização do fenômeno. A análise da transferência de informação foi feita com base na entropia de transferência que estabelece uma relação não necessariamente linear entre os processos. A defasagem de tempo entre detectar uma mudança de estado no fenômeno e observar alterações na série de vazões é um fator considerado nesse estudo. Além disso, utilizando a transformada *wavelet* para decompor as séries e o conceito de informação mútua, foram identificadas as escalas de decomposição que apresentam maior influência do fenômeno nas vazões. O método proposto foi aplicado para séries de vazões afluentes a usinas hidrelétricas pertencentes ao Sistema Interligado Nacional e distribuídas por todo território brasileiro. Embora alguns índices não tenham apresentado um padrão claro de transferência de informação, os resultados obtidos mostram variabilidade temporal e espacial da influência do ENOS no território brasileiro. A consideração do fator tempo mostrou-se relevante para a análise, pois a máxima transferência de informação ocorreu majoritariamente com defasagens maiores que um mês independente do índice analisado. A análise das séries decompostas indica a possibilidade de incorporar informações climáticas em um modelo apenas no nível de decomposição mais relevante para o desenvolvimento do processo hidrológico.

Palavras-chave: El Niño – Oscilação Sul. Entropia de transferência. Transformada *wavelet*. Informação mútua. Séries de vazão.

## ABSTRACT

Climate variability is one of the factors that influence the hydrological cycle in a watershed. Large-scale climatic phenomena, such as the El Niño – Southern Oscillation (ENSO), cause disturbances that alter the atmospheric circulation and, as a result, can alter the precipitation regime in some regions. Significant changes in precipitation directly affect the streamflow regime of a watershed, so understanding the influence of a large-scale phenomenon can be of great value in water resources systems planning and operation. In this work, the influence of the ENSO on the streamflows of the Brazilian hydropower plants was evaluated using an informational approach to identify the information flow between the indexes used to characterize the phenomenon and the streamflow time series. Nine ENSO indices were selected, each composed of atmospheric and/or oceanic terms, which are widely used to characterize the phenomenon. The analysis of information transfer was made based on the transfer entropy, which establishes a nonlinear relationship between the processes. The time lag between detecting a state change in the phenomenon and observing changes in the streamflow series is also considered. In addition, using wavelet transform coupled with mutual information, the decomposition scales that have the greatest influence on the phenomenon on streamflow were identified. The proposed method was applied to the streamflow series of all the Brazilian Interconnected System hydropower plants. Although some indexes did not present a clear pattern of information transfer, the results show temporal and spatial variability in the influence of ENSO in the Brazilian territory. The time factor proved to be relevant for the analysis, since the maximum information transfer occurred mainly with lags greater than one month, regardless of the selected ENOS index. The analysis of the decomposed series indicates the possibility of incorporating climatic information in a model only at the most relevant level of decomposition for the development of the hydrological process.

Keywords: El Niño – Southern Oscillation. Transfer Entropy. Wavelet Transform. Mutual Information. Streamflow series.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CIRCULAÇÃO DE WALKER GENERALIZADA (DEZEMBRO- FEVEREIRO) DURANTE ENOS EM CONDIÇÕES NEUTRAS.....	19
FIGURA 2 – CIRCULAÇÃO DE WALKER GENERALIZADA (DEZEMBRO- FEVEREIRO) DURANTE EVENTOS DE LA NIÑA .....	19
FIGURA 3 – CIRCULAÇÃO DE WALKER GENERALIZADA (DEZEMBRO- FEVEREIRO) DURANTE EVENTOS DE EL NIÑO.....	20
FIGURA 4 – PERCENTIS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ESPERADA NO BRASIL DURANTE EPISÓDIOS DE EL NIÑO.....	24
FIGURA 5 – PERCENTIS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ESPERADA NO BRASIL DURANTE EPISÓDIOS DE LA NIÑA .....	25
FIGURA 6 – REGIÕES DO ÍNDICE NINO (TSM) .....	30
FIGURA 7 - CAUSALIDADE SEM TRANSFERÊNCIA DE INFORMAÇÃO .....	33
FIGURA 8 - CAUSALIDADE E TRANSFERÊNCIA DE INFORMAÇÃO.....	34
FIGURA 9 – DIAGRAMA DE VENN DOS CONCEITOS DE ENTROPIA DA INFORMAÇÃO.....	39
FIGURA 10 – COMPARAÇÃO TRANSFORMADA DE FOURIER, JANELADA DE FOURIER E <i>WAVELET</i> .....	45
FIGURA 11 – ÁRVORE DE DECOMPOSIÇÃO <i>WAVELET</i> .....	49
FIGURA 12 – ESTIMADOR KSG.....	56
FIGURA 13 – FUNÇÃO <i>WAVELET</i> DE HAAR.....	61
FIGURA 14 – FUNÇÕES <i>WAVELET</i> DA FAMÍLIA DAUBECHIES .....	61
FIGURA 15 – FUNÇÕES <i>WAVELET</i> DA FAMÍLIA SYMLETs.....	62
FIGURA 16 – FUNÇÕES <i>WAVELET</i> DA FAMÍLIA COIFLETs .....	62
FIGURA 17 – FUNÇÕES <i>WAVELET</i> DA FAMÍLIA BIORTOGONAL .....	63
FIGURA 18 - EXEMPLO RECOMPOSIÇÃO INDIVIDUAL DE NÍVEL DE DECOMPOSIÇÃO .....	68
FIGURA 19 – CAPACIDADE INSTALADA POR MATRIZ ENERGÉTICA EM 2019 .	70
FIGURA 20 – SUBSISTEMAS E USINAS DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL .....	71
FIGURA 21 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA O BRASIL .....	72
FIGURA 22 – HISTOGRAMA DE VAZÕES MÉDIAS.....	73

FIGURA 23 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE BEST .....	75
FIGURA 24 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE MEI .....	75
FIGURA 25 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE ONI .....	76
FIGURA 26 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE SOI .....	77
FIGURA 27 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE TNI .....	77
FIGURA 28 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 1+2 .....	78
FIGURA 29 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 3 .....	78
FIGURA 30 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 4 .....	79
FIGURA 31 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 3.4 .....	79
FIGURA 32 – GRÁFICO DA FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO DOS ÍNDICES ...	80
FIGURA 33 - MAPA DE TENDÊNCIAS NAS SÉRIES DE VAZÕES.....	82
FIGURA 34 - RESULTADOS OBTIDOS NO TESTE DO PARÂMETRO K PARA TE .....	83
FIGURA 35 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE BEST .....	84
FIGURA 36 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE MEI .	85
FIGURA 37 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE ONI .	86
FIGURA 38 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE SOI .	87
FIGURA 39 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE TNI..	88
FIGURA 40 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO1+2 .....	89
FIGURA 41 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO 3 .....	90
FIGURA 42 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO 4 .....	91
FIGURA 43 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO 3.4 .....	92
FIGURA 44 – MAPA COM OS ÍNDICES ESCOLHIDOS PARA CADA USINA.....	93
FIGURA 45 – MAPA COM MÁXIMA TE E RESPECTIVAS DEFASAGENS .....	95
FIGURA 46 – RESULTADOS OBTIDOS NO TESTE DO PARÂMETRO K PARA MI .....	99
FIGURA 47 – NÍVEIS DE DECOMPOSIÇÃO COM MÁXIMA MI .....	100



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ÍNDICES E COMPONENTES CONSIDERADAS .....	32
TABELA 2 – CONCEITOS DE ENTROPIA .....	42
TABELA 3 – PROPRIEDADE DAS FUNÇÕES <i>WAVELET</i> UTILIZADAS .....	64
TABELA 4 – FUNÇÕES <i>WAVELET</i> TESTADAS .....	64
TABELA 5 – RESULTADOS TESTE DE TENDÊNCIA PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DOS ÍNDICES ENOS.....	81
TABELA 6 – QUANTIDADE DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA DEFASAGEM DOS ÍNDICES .....	93
TABELA 7 – NÚMERO DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA ÍNDICE .....	94
TABELA 8 – ÍNDICES REPRESENTADOS POR CADA FUNÇÃO <i>WAVELET</i> COM BASE NOS CRITÉRIO SELECIONADOS .....	96
TABELA 9 – NÚMERO DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA FUNÇÃO <i>WAVELET</i> COM BASE NOS CRITÉRIOS SELECIONADOS.....	97
TABELA 10 – NÚMERO DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA NÍVEL DE DECOMPOSIÇÃO .....	101

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AIS	Armazenamento Ativo de Informação
BEST	<i>Bivariate ENSO Timeseries</i>
cA	Coeficientes de aproximação
cD	Coeficientes de detalhes
EN	El Niño
ENOS	El Niño - Oscilação Sul
FAC	Função de autocorrelação
FDP	Função de densidade de probabilidade
KDE	Estimadores de densidade por kernel
kNN	Método dos vizinhos mais próximos
KSG	Estimador Kraskov-Stögbauer-Grassberger
LN	La Niña
MEI	<i>Multivariate ENSO Index</i>
MI	Informação mútua
MK	Teste de Mann-Kendall
MRA	Análise multirresolução
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
OLR	Radiação de ondas longas
ONI	<i>Oceanic Niño Index</i>
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SIN	Sistema Interligado Nacional
SLP	Pressão ao nível do mar
SOI	<i>Southern Oscillation Index</i>
TE	Entropia de transferência
TF	Transformada de Fourier
TFPW	<i>Trend-free pre-whitening</i>
TJF	Transformada janelada de Fourier
TNI	<i>Trans-Niño Index</i>
TSM	Temperatura da superfície do mar
TW	Transformada <i>wavelet</i>
TWC	Transformada <i>wavelet</i> contínua
TWD	Transformada <i>wavelet</i> discreta
TWP	Transformada <i>wavelet packet</i> ou por pacotes <i>wavelet</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$t$	Instante de tempo
$X, Y$	Variável aleatória
$x_i, y_i$	Valor assumido pela variável aleatória $X, Y$ no instante $i$
$h( \ )$	Informação de Shannon
$H( \ )$	Entropia de Shannon
$E\{ \ }$	Valor esperado
$\ln$	Logaritmo natural de base $e$
$p( \ )$	Probabilidade de ocorrência de um evento
$\Omega$	Espaço de todos os eventos de um processo
$H(X Y)$	Entropia condicional de $X$ dado $Y$
$H(X, Y)$	Entropia conjunta de $X$ e $Y$
$I(X: Y)$	Informação mútua de $X$ e $Y$
$A_X(t)$	Armazenamento ativo de informação do processo $X$ no instante $t$
$k, \ell$	Comprimento da série histórica influente na transição de estados dos processos destino e origem, respectivamente
$u$	Defasagem de tempo de transferência de informação entre processos
$T_{Y \rightarrow X}$	Entropia de transferência do processo $Y$ para o processo $X$
$H'( \ )$	Taxa de entropia
$\omega$	Frequência de um sinal
$f$	Sinal no domínio do tempo
$F$	Sinal no domínio da frequência
$S_X$	Transformada Janelada de Fourier
$g(t - u)$	Função janela transladada em $u$ no tempo
$\xi$	Parâmetro de translação na frequência na TJF
$\psi$	Função <i>wavelet</i>
$\phi$	Função escala

$a$	Parâmetro de dilatação da função <i>wavelet</i>
$b$	Parâmetro de translação da função <i>wavelet</i>
$ \cdot $	Operador módulo
$\hat{\psi}(f)$	Transformada de Fourier de $\psi(f)$
$C_g$	Constante de admissibilidade
$Wf$	Transformada <i>wavelet</i>
$\psi^*$	Conjugado complexo de $\psi$
$a_0$	Parâmetro de dilatação discretizado da função <i>wavelet</i>
$b_0$	Parâmetro de translação discretizado da função <i>wavelet</i>
$m$	Inteiro associado a variações de escala de uma função <i>wavelet</i>
$n$	Inteiro associado a variações de translação de uma função <i>wavelet</i>
$O(\cdot)$	Notação de complexidade de um algoritmo,
$i, j$	Indexadores temporais ou nível de decomposição de um sinal
$S$	Estatística do teste de Mann-Kendall
$sgn[\cdot]$	Sinal da operação
$VAR[\cdot]$	Operador variância
$n$	Tamanho da amostra
$MK$	Estatística padronizada do teste Mann-Kendall
$c$	Coeficiente angular da reta de tendência obtido com o estimador de Sen
$\rho_1$	Coeficiente de correlação de primeira ordem
$\Psi$	Função Digamma
$K$	Número de vizinhos próximos
$n_{(\cdot)}$	Contagem dos pontos que estão inseridos ou nas bordas ao redor de cada vetor
$H_0$	Hipótese nula
$Y^S$	Séries sintéticas do processo $Y$
$\alpha$	Nível de significância de um teste



$M(\ )$	Momentos nulos de uma função
$N$	Número de momentos nulos de uma função <i>wavelet</i>
$\tilde{S}(n)$	Sinal de comprimento $n$
$\widetilde{s}_N$	Valor assumido por um sinal
$C(n)$	Série de coeficientes <i>wavelet</i> obtidos da decomposição de um sinal
$c_N$	Coeficientes <i>wavelet</i> da decomposição de um sinal
$E_{energia}$	Energia dos valores de uma série
$E_{entropia}$	Entropia de uma série
$p_i$	Probabilidade de energia de coeficientes <i>wavelet</i>
$E_R$	Razão energia-entropia de Shannon
$E_{conj}$	Entropia conjunta
$E_{cond}$	Entropia condicional
$E_{rel}$	Entropia relativa
$D(p  q)$	Divergência de Kullback-Leibler
$I_C$	Comparação informacional
$E_{com}$	Critério abrangente de entropia (em tradução livre para <i>comprehensive entropy criterion</i> )
$J_{m\acute{a}x}$	Nível de decomposição máximo de um sinal
$\lfloor \ ]$	Função piso
$\log_2$	Logaritmo de base 2
$N_W$	Tamanho do filtro de decomposição associado à função <i>wavelet</i>
$0_X$	Sequência de zeros de tamanho igual à série $X$

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
1.1 EL NIÑO – OSCILAÇÃO SUL (ENOS).....	17
1.1.1 Impactos.....	22
1.1.2 Índices .....	28
1.2 TRANSFERÊNCIA DE INFORMAÇÃO .....	32
1.3 TRANSFORMADA <i>WAVELET</i> .....	43
<b>2 MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
2.1 ANÁLISE DE ESTACIONARIEDADE.....	52
2.2 CÁLCULO DA ENTROPIA DE TRANSFERÊNCIA (TE) .....	54
2.2.1 Estimativa do parâmetro $K$ .....	57
2.2.2 Significância estatística .....	57
2.3 ESCOLHA DO ÍNDICE E DEFASAGEM.....	58
2.4 DECOMPOSIÇÃO <i>WAVELET</i> .....	59
2.4.1 Funções <i>wavelet</i> .....	59
2.4.2 Escolha da função <i>wavelet</i> .....	65
2.4.3 Nível de decomposição .....	67
2.5 CÁLCULO DA INFORMAÇÃO MÚTUA (MI) .....	67
2.5.1 Estimativa do parâmetro $K$ .....	69
2.5.2 Significância estatística .....	69
<b>3 ESTUDO DE CASO E RESULTADOS .....</b>	<b>70</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	70
3.2 DADOS UTILIZADOS.....	74
3.3 ANÁLISE DE ESTACIONARIEDADE.....	80
3.4 ENTROPIA DE TRANSFERÊNCIA (TE).....	82
3.4.1 Estimativa do parâmetro $K$ .....	82
3.4.2 Escolha do índice e defasagem .....	83
3.5 DECOMPOSIÇÃO <i>WAVELET</i> .....	96
3.6 CÁLCULO DA INFORMAÇÃO MÚTUA (MI) .....	98
3.6.1 Escolha do parâmetro $K$ .....	98
3.6.2 Nível de decomposição com máxima MI .....	99
<b>4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS .....</b>	<b>102</b>

REFERÊNCIAS.....	104
APÊNDICE A – USINAS SELECIONADAS .....	118
APÊNDICE B – PARÂMETRO $K$ PARA ENTROPIA DE TRANSFERÊNCIA (TE)	122
B.1 – ÍNDICE BEST .....	122
B.2 – ÍNDICE MEI .....	123
B.3 – ÍNDICE ONI .....	124
B.4 – ÍNDICE SOI .....	125
B.5 – ÍNDICE TNI.....	126
B.6 – ÍNDICE NINO 1+2.....	127
B.7 – ÍNDICE NINO 3.....	128
B.8 – ÍNDICE NINO 3.4.....	129
B.9 – ÍNDICE NINO 4.....	130
APÊNDICE C – RESULTADOS DE TE .....	131
C1 – ÍNDICE BEST .....	131
C2 – ÍNDICE MEI .....	137
C3 – ÍNDICE ONI .....	143
C4 – ÍNDICE SOI .....	149
C5 – ÍNDICE TNI.....	155
C6 – ÍNDICE NINO 1+2.....	161
C7 – ÍNDICE NINO 3.....	167
C8 – ÍNDICE NINO 3.4.....	173
C9 – ÍNDICE NINO 4.....	179
APÊNDICE D – PARÂMETRO $K$ PARA INFORMAÇÃO MÚTUA (MI).....	185
APÊNDICE E – RESULTADOS MI.....	186
APÊNDICE F – RESULTADOS DE MÁXIMA TE E MI.....	192

## INTRODUÇÃO

O regime hidrológico de uma bacia hidrográfica apresenta variabilidade em seu comportamento ao longo do tempo. Por vezes, essa variabilidade só é percebida durante a ocorrência de eventos extremos que afetam parte da população e, consequentemente, tem impactos significativos na sociedade como um todo.

As mudanças observadas são resultado da influência de diversos fatores que atuam em diferentes fases do ciclo hidrológico. Mudanças no uso do solo, aumento da população e mudanças climáticas são alguns fatores utilizados para explicar as alterações que ocorrem no ciclo hidrológico. Entretanto, em sua maioria, os processos físicos do ciclo hidrológico ocorrem em função da relação água-atmosfera, fazendo com que os fatores climáticos estejam intrinsecamente ligados à variabilidade hidrológica de uma região.

As variações climáticas fazem parte de um processo natural e são notadas principalmente pelas oscilações na temperatura e umidade, assim como nas mudanças de estações. Porém, alterações de um processo atmosférico de grande escala podem modificar os regimes de chuva, intensificando ou invertendo as características conhecidas de uma região.

Este é o caso do El Niño – Oscilação Sul (ENOS), um fenômeno caracterizado pela perturbação atmosférica na porção tropical do oceano Pacífico. Sua influência altera a circulação atmosférica em toda região equatorial do planeta, acarretando mudanças no ciclo hidrológico de diversas regiões. Entender e quantificar a relação do ENOS com os processos hidrológicos pode ser um recurso para amparar as decisões no gerenciamento de recursos hídricos.

Comumente, a relação entre fenômeno climático e alterações no regime de vazões são abordados por meio de correlações, o que não necessariamente implica em causalidade. Uma abordagem informacional, entretanto, permite avaliar o fluxo de informação entre os processos como uma forma de dimensionar essa influência de diferentes formas. Para isso são utilizados conceitos de entropia da informação tratando as séries temporais como um conjunto de dados que fornece informação além do desenvolvimento do processo físico.

Análises mais aprofundadas quanto ao comportamento de uma série temporal podem ser feitas no domínio da frequência. Esse tipo de análise fornece informações quanto aos padrões cíclicos que compõem uma série, informações tais que nem



sempre estão claras no domínio do tempo. A transformação do domínio do tempo para o domínio da frequência é feita a partir da decomposição de um sinal. Entre as técnicas mais conhecidas para a decomposição de sinais está a transformada de Fourier (TF), a qual fornece informações das frequências que compõem o sinal, mas não do momento em que elas ocorrem.

Entretanto, as séries climáticas e hidrológicas se desenvolvem em escalas crítico e, frequentemente, apresentam comportamentos não estacionários. Sendo a análise da frequência uma forma de identificar tendências, mudanças bruscas no comportamento ou eventos específicos, são necessárias informações temporais.

Uma alternativa é transformada *wavelet* (TW), a qual fornece tanto informações da frequência, quanto do tempo e, por isso, ganhou espaço em estudos hidrológicos. Diferentemente da TF que é baseada em funções senoidais com período infinito, a TW utiliza uma função *wavelet* escalonada (dilatação e contração) e transladada para gerar subséries correspondentes aos níveis de decomposição.

Utilizando a TW, existe uma relação inversa entre a resolução no tempo e frequência na decomposição das séries. A cada nível de decomposição existe uma melhora na resolução da frequência e uma perda de resolução no domínio do tempo. Isso está associado ao princípio da incerteza, porém é fortemente influenciada pela função base escolhida para a decomposição.

Neste contexto, esta dissertação tem como objetivo principal caracterizar a transferência de informação entre o fenômeno ENOS e o regime de vazões afluentes às usinas hidrelétricas brasileiras, além de avaliar o comportamento das séries no domínio de frequência. O objetivo principal pode ser desagregado nos seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os índices que caracterizam a ocorrência do fenômeno ENOS;
- b) Quantificar a transferência de informação entre os índices e as séries de vazões;
- c) Determinar o índice e a defasagem que melhor representa a influência do fenômeno nas séries de vazões;
- d) Definir a função *wavelet* que melhor se adequa para a decomposição das séries;
- e) Decompor as séries e identificar o nível de decomposição dos índices e vazões que apresentam maior dependência não linear.

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. O Capítulo 1 contém uma revisão de literatura abordando temas relevantes para o desenvolvimento do trabalho como as características do ENOS e seus impactos, tópicos sobre entropia de informação, decomposição em modos empíricos e geração de séries sintéticas. No Capítulo 2 estão descritos os métodos utilizados neste trabalho. Os Capítulos 3 e 4 apresentam o estudo de caso e os resultados. No Capítulo 4 são expostas as conclusões obtidas. Por fim, são apresentadas as referências base deste trabalho.

## 1 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção é apresentada uma base teórica dos conceitos mais importantes para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente, o processo físico do fenômeno El Niño – Oscilação Sul é explicado, assim como impactos provocados e índices utilizados para sua caracterização.

A relação entre o fenômeno e as vazões afluentes às usinas hidrelétricas é avaliada com base na entropia de informação. Portanto, são tratados conceitos básicos do tema e sua aplicação na quantificação do fluxo de informação entre processos.

Após uma breve introdução à transformada de Fourier, a transformada *wavelet* é apresentada. Comentários sobre características gerais das funções *wavelet* e decomposição de séries são expostas ao fim do capítulo.

### 1.1 EL NIÑO – OSCILAÇÃO SUL (ENOS)

Para entender a dinâmica do ciclo hidrológico é necessário considerar as variações climáticas que ocorrem. As variações climáticas influenciam, principalmente, a chuva em quantidade e frequência, dependendo de como o fenômeno se desenvolve. Ao variar a precipitação, todas as outras fases do ciclo são afetadas por estarem interconectadas.

A atmosfera é o elemento central das variações climáticas, podendo atuar em diferentes escalas temporais e espaciais. A importância de estudar as variações climáticas associadas aos recursos hídricos foi exemplificada no estudo de Coelho et al. (2016), no qual se demonstrou o impacto na geração de energia e distribuição de água na região sudeste do Brasil durante a ocorrência dos eventos de seca em 2001 e 2014.

Entre os fenômenos naturais que afetam a dinâmica dos processos físicos do planeta, o El Niño – Oscilação Sul (ENOS) pode ser considerado um dos mais influentes. Walker e Bliss (1937) foram os primeiros a denominarem o efeito como Oscilação Sul e o definiram como o resultado da interação de diversos fatores climatológicos na região dos oceanos Índico e Pacífico.

O ENOS se trata de uma interação do oceano (El Niño) com a atmosfera (Oscilação Sul) e é caracterizado como uma flutuação irregular da temperatura da

superfície do mar (TSM) e, conseqüentemente, do regime de ventos na região tropical do Oceano Pacífico. Por flutuação irregular, entende-se uma perturbação (ou anomalia) na distribuição dessas variáveis que, por determinado período, registram valores distantes das respectivas médias de longo termo. Essa flutuação perturba a circulação de Walker em toda a linha do Equador e gera distúrbios em escala global na circulação atmosférica, causando as variações climáticas de temperatura e padrões de precipitação (LAM et al., 2019; TIMMERMAN et al., 2018). As flutuações de TSM caracterizam três fases do ENOS, sendo elas denominadas Neutra, El Niño (EN) e La Niña (LN).

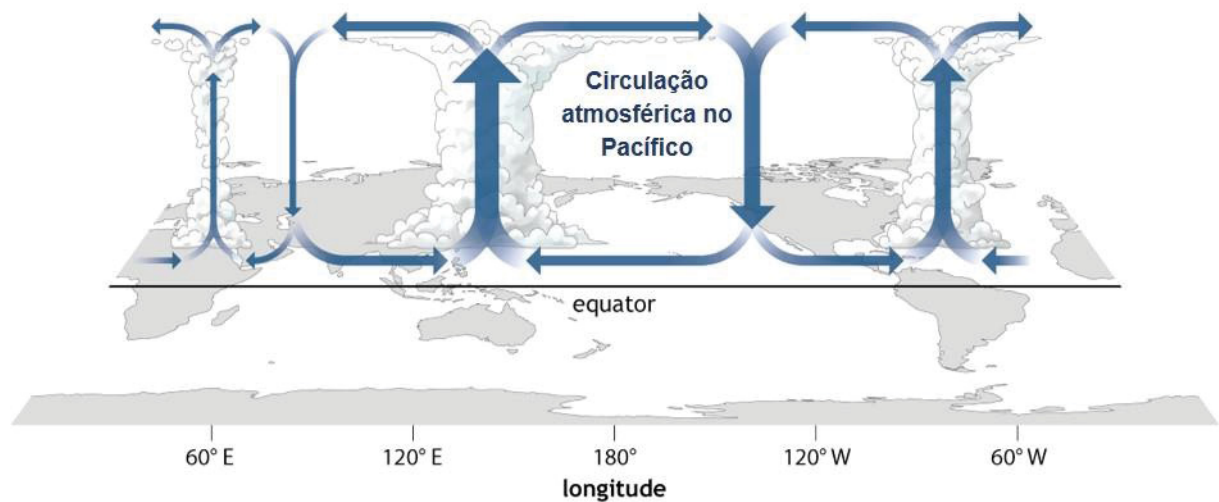
Para entender as variações das fases do ENOS é necessário conhecer o mecanismo básico de formação de nuvens de precipitação. Em um local em que a superfície está aquecida, forma-se uma região de baixa pressão devido ao aquecimento da massa de ar próxima à superfície. Essa massa aquecida ascende e, devido ao gradiente térmico vertical, ocorre o resfriamento condensando a água presente e formando nuvens de precipitação. Entretanto, uma parcela dessa massa de ar se desloca para regiões de alta pressão, as quais são caracterizadas por superfícies com temperaturas mais baixas, gerando células de circulação de ar na atmosfera. Dessa forma, regiões com superfícies mais aquecidas (baixa pressão) tendem a ser mais úmidas, enquanto regiões menos aquecidas (alta pressão) tendem a ter menos precipitação.

A fase Neutra é considerada a fase normal do fenômeno por ser observada na maior parte do tempo. Durante esta fase, os ventos alísios movem a porção superficial da água do oceano Pacífico que está mais quente para a região ocidental, próximo à Oceania. Na porção oriental do Pacífico, próximo à América, ocorre o processo de ressurgência, no qual águas profundas com temperaturas menores afloram.

A FIGURA 1 apresenta uma ilustração da circulação de Walker generalizada do período entre dezembro e fevereiro durante a fase Neutra do ENOS. As células de circulação atmosférica ocorrem devido a um gradiente de pressão; no Oceano Pacífico, por exemplo, o gradiente se dá pelo sistema de baixa pressão sobre a Indonésia e de alta pressão sobre a região leste.



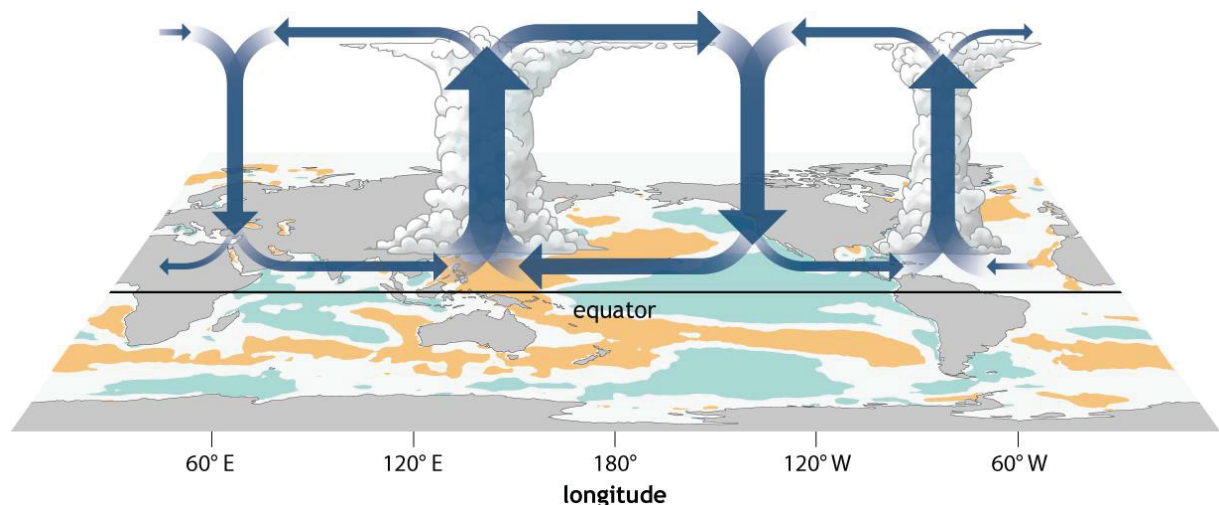
FIGURA 1 – CIRCULAÇÃO DE WALKER GENERALIZADA (DEZEMBRO-FEVEREIRO) DURANTE ENOS EM CONDIÇÕES NEUTRAS



FONTE: Adaptado de Di Liberto (2014).

A fase de La Niña (LN) pode ser considerada como a intensificação dos processos que ocorrem na fase neutra. Nesta fase, os ventos alísios estão mais fortes e carregam maior quantidade de água quente para o oeste, intensificando o efeito da ressurgência na região próxima à América do Sul. Como pode ser observado na FIGURA 2, a ascensão do ar quente é ainda maior, gerando chuvas mais intensas na região.

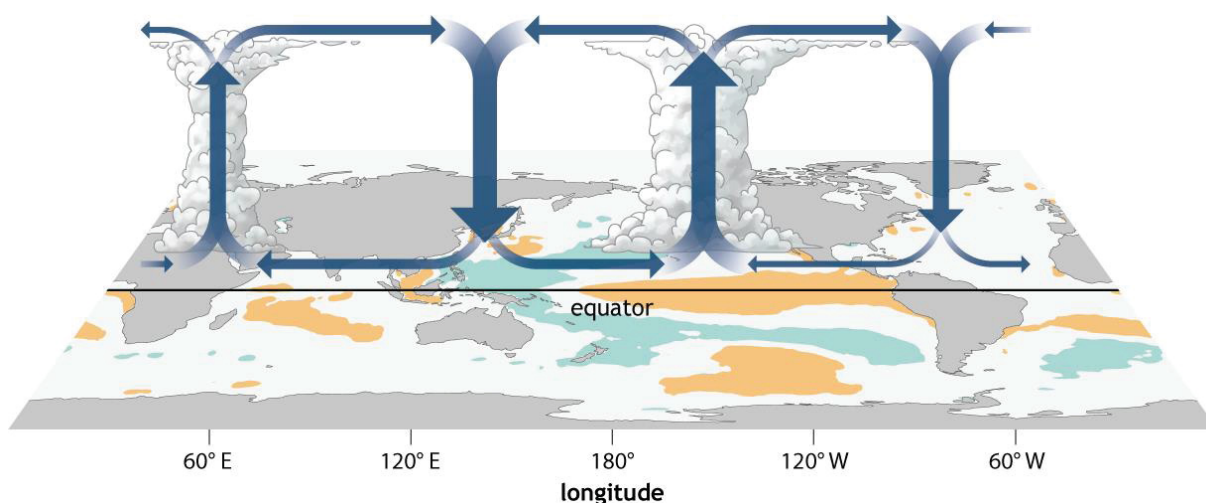
FIGURA 2 – CIRCULAÇÃO DE WALKER GENERALIZADA (DEZEMBRO-FEVEREIRO) DURANTE EVENTOS DE LA NIÑA



FONTE: Adaptado de Di Liberto (2014).

Por fim, a fase de El Niño (EN) pode ser entendida como o processo oposto à LN. Os ventos alísios enfraquecem ou mudam de sentido, carregando a água mais quente para a região oeste do Oceano Pacífico. Com essas alterações, a célula de circulação de Walker se torna bipartida e começa a distribuir as precipitações de forma oposta, como pode ser observado na FIGURA 3.

FIGURA 3 – CIRCULAÇÃO DE WALKER GENERALIZADA (DEZEMBRO-FEVEREIRO) DURANTE EVENTOS DE EL NIÑO



FONTE: Adaptado de Di Liberto (2014).

A oscilação ocorre em períodos de dois a sete anos com duração de nove a 12 meses. Entretanto, em casos de eventos mais extremos, a duração pode ser maior. As fases de EN e LN se desenvolvem entre a primavera e o verão boreal, atingindo o pico próximo ao fim do ano. Após atingir o pico, EN tende a decair rapidamente até o verão seguinte, enquanto que metade dos eventos de LN se estende por todo o ano seguinte e reintensifica no inverno subsequente (WU et al., 2019).

Existe uma variação no padrão espacial do ENOS mais recentemente estudada e denominada Modoki (ASHOK et al., 2007). Nesses eventos, a fase de EN (LN) é caracterizada pela TSM mais alta (baixa) no Pacífico central flanqueada por regiões frias (quentes) ao redor. Essas diferenças geram um mecanismo diferente da circulação de Walker, observando-se a ascensão (descensão) das massas de ar na região equatorial central do Pacífico que se deslocam para regiões leste e oeste. Tedeschi et al. (2013) destacam a importância de estudar os eventos separadamente uma vez que seus impactos na circulação global são distintos.

As respostas às fases do ENOS são assimétricas e objeto de estudo frequente entre pesquisadores. Timmermann et al. (2018), em seu estudo de assimetria no processo do ENOS, mostram que os eventos diferem significativamente em magnitude, padrão espacial, evolução temporal e previsibilidade, além de afirmar que a fase LN tem efeitos mais fracos e com menor variabilidade temporal.

Em discordância, Santoso et al. (2017) sugerem que, embora LN não seja tão estudado quanto o EN, os impactos também podem ser significativos e devem ser considerados em estudos sobre a dinâmica do ENOS. Pode-se citar como exemplo o evento de LN de 2010/11, no qual a Colômbia registrou gastos vultuosos relacionados à destruição da infraestrutura, alagamentos em áreas agrícolas e pagamento de subsídios para a população afetada (HOYOS et al., 2013). Ainda, Andreoli et al. (2019) obtiveram resultados que indicavam diferenças substanciais em padrões de circulação local e anomalias na precipitação no nordeste brasileiro quando comparados diferentes eventos de LN. Isso mostra que a importância de entender a dinâmica e efeitos das fases podem variar conforme a região.

Até o evento de 1972/73, o EN era visto apenas como um fenômeno de escala regional, mas os impactos globais desse evento conquistaram importância na pesquisa científica. Entretanto, foram os efeitos do evento de 1982/83 que chamaram atenção de governantes em todo o mundo e, apenas com o evento de 1997/98 que o EN tornou-se um fenômeno popular entre todas as pessoas (HAMEED et al., 2018).

Além da intensidade de seus impactos, os eventos considerados extremos se destacam por apresentarem propriedades significativamente diferentes de outros EN observados. O evento observado em 2015/16, também considerado como extremo, foi a oportunidade para testar as teorias estabelecidas anteriormente e analisar se o entendimento do fenômeno tinha avançado ao longo dos anos (SANTOSO et al., 2017).

Os eventos extremos de EN que se têm registro apresentam algumas características semelhantes, como grandes anomalias de aquecimento da TSM em toda região equatorial do Pacífico oriental. Porém o evento de 2015/16, o qual apresentou as maiores anomalias que se tem registro, apresenta desenvolvimento espacial diferente dos demais, como máximos locais de TSM em regiões à oeste (ZHONG et al., 2019).

Embora ao longo dos anos se desenvolveram teorias e modelos climáticos que fornecem percepções quanto às características de extremos do ENOS, deve-se

destacar que são poucos os registros bem documentados disponíveis. E ainda que a cobertura espacial do sistema de observação tenha crescido ao longo dos anos com disponibilidade de satélites, a série temporal é muito curta para abranger a variabilidade plurianual do fenômeno.

Devido à diversidade e complexidade expostas, este fenômeno não pode ser simplificado em apenas um processo físico. O aperfeiçoamento dos modelos climáticos de previsão do ENOS e a minimização das incertezas só será possível com o entendimento dessa variabilidade, conhecimento este que ainda está em fase inicial (GLANTZ et al., 2018; CHATTOPADHYAY et al., 2019). Naturalmente, as diferenças nas características temporais e nos padrões espaciais geram alterações distintas em fatores climáticos regionais. Identificar e entender os impactos dessas alterações pode ser uma forma de minimizar os efeitos do ENOS.

#### 1.1.1 Impactos

Sendo os eventos de ENOS um fator gerador de extremos hidrometeorológicos, os efeitos do fenômeno são perceptíveis em diversos setores da sociedade. A Organização Mundial da Saúde reportou que o evento de El Niño de 2015/16 afetou mais 60 milhões de pessoas no mundo todo (WHO, 2016). Além disso o fenômeno também foi relacionado com grandes impactos na macroeconomia em diferentes regiões do mundo (BASTIANIN et al., 2018; CASHIN et al., 2017; UBILAVA, 2018). Além deste evento, o EN está relacionado com o desencadeamento do surto de algumas doenças em todo o mundo (ANYAMBA et al., 2019).

Entretanto, por perturbar o sistema de circulação atmosférica, os principais impactos estão ligados a variações nos padrões de precipitação em todo o mundo. O sistema de produção de nuvens de chuva segue o fluxo de águas aquecidas do Oceano Pacífico. Dessa forma, regiões que são normalmente úmidas, tornam-se mais secas e, de modo recíproco, algumas regiões áridas observam o aumento das chuvas.

O ENOS tem influência significativa na precipitação extrema em diversas partes do mundo, não apenas na região do Pacífico. Os efeitos observados podem variar substancialmente de acordo com a estação, mas as mudanças mais expressivas geralmente são observadas durante o período de dezembro a fevereiro (DJF). Em escala global, a relação da precipitação com o ENOS é em sua maioria

assimétrica, o que significa que a precipitação extrema é influenciada significativamente durante apenas uma fase.

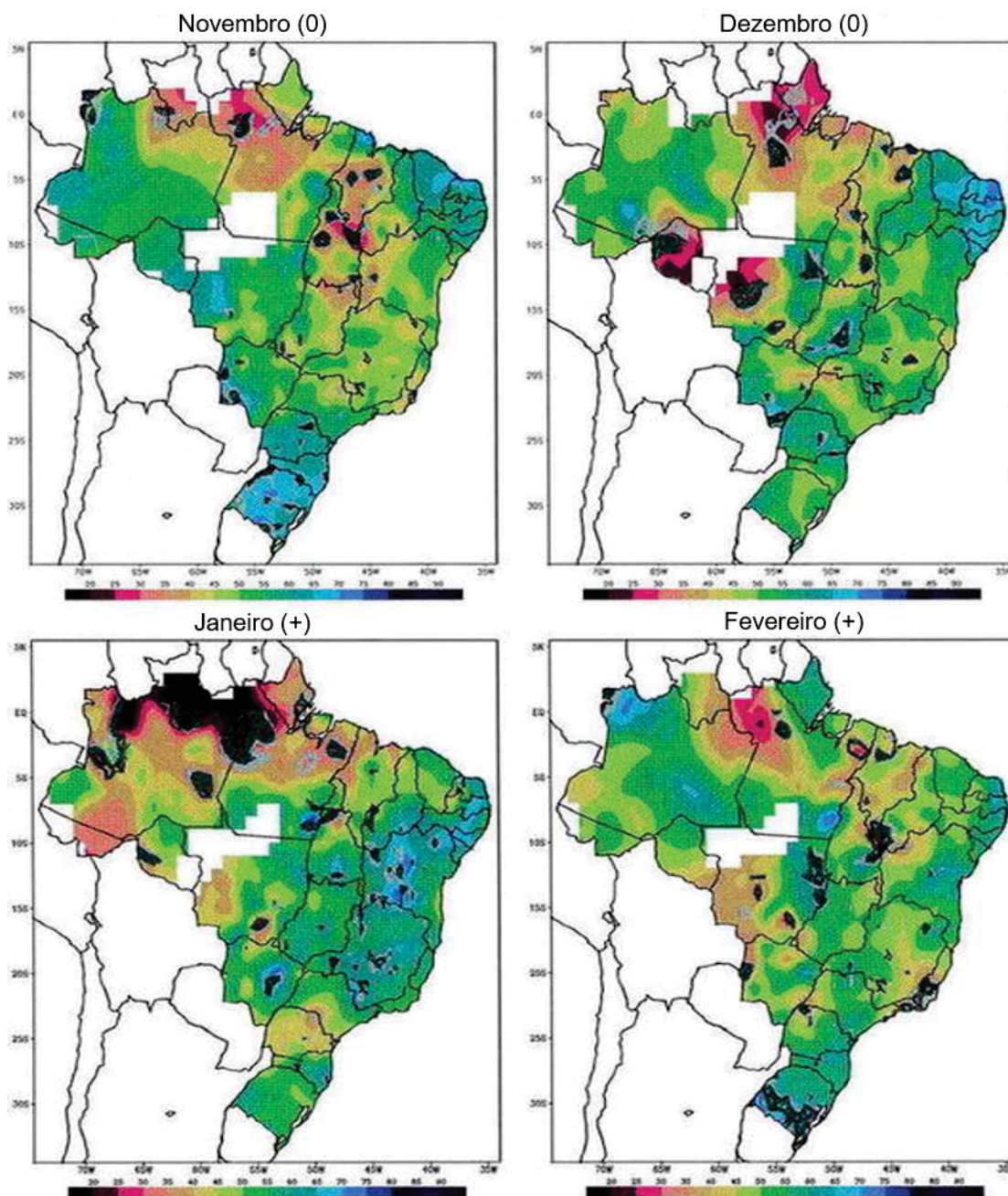
Entretanto, são observados efeitos expressivos, embora não necessariamente opostos, tanto na fase de EN, quanto de LN na região central da América do Norte e no nordeste da China. Apenas na região sul dos Estados Unidos, regiões sul e leste da Austrália e no leste asiático foram observadas respostas simétricas ao fenômeno (SUN et al., 2015). Wang e Kumar (2015) em seu trabalho sobre a resposta das precipitações ao ENOS, concluíram que as secas observadas no sudoeste dos Estados Unidos têm forte relação com os eventos de LN no período de 1948-1977, bem como uma associação clara entre os eventos de EN e o regime de chuvas durante 1978-1999. Entretanto, cabe destacar que os resultados mostraram o enfraquecimento dessa relação a partir do ano 2000, sem uma causa aparente.

Em seus estudos, Grimm (2003, 2004) avaliou os impactos das fases de EN e LN nos regimes de precipitação no Brasil. Foi utilizado o período de novembro a fevereiro para as análises em base mensal e sazonal. Um resumo dos resultados obtidos para os percentis de precipitação média esperados no Brasil está apresentado nas Figuras FIGURA 4 e FIGURA 5 para eventos de EN e LN, respectivamente. O índice '(0)' indica que os meses em questão pertencem ao ano de início do evento e os meses do ano subsequente estão indicados por '(+)'. Na escala apresentada, os percentis mais baixos estão representados por cores mais quentes e os mais altos por cores mais frias.

Nos meses de novembro e dezembro, conforme apresentado na FIGURA 4, as regiões norte e centro-leste apresentam precipitações abaixo da média, enquanto as regiões nordeste e sul têm anomalias positivas. Em janeiro, a região sul não apresenta anomalias de precipitação e o centro-leste registra chuvas acima da média. Durante o mês de fevereiro, os padrões de precipitação são revertidos e a região norte apresenta anomalias negativas na precipitação.



FIGURA 4 – PERCENTIS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ESPERADA NO BRASIL DURANTE EPISÓDIOS DE EL NIÑO

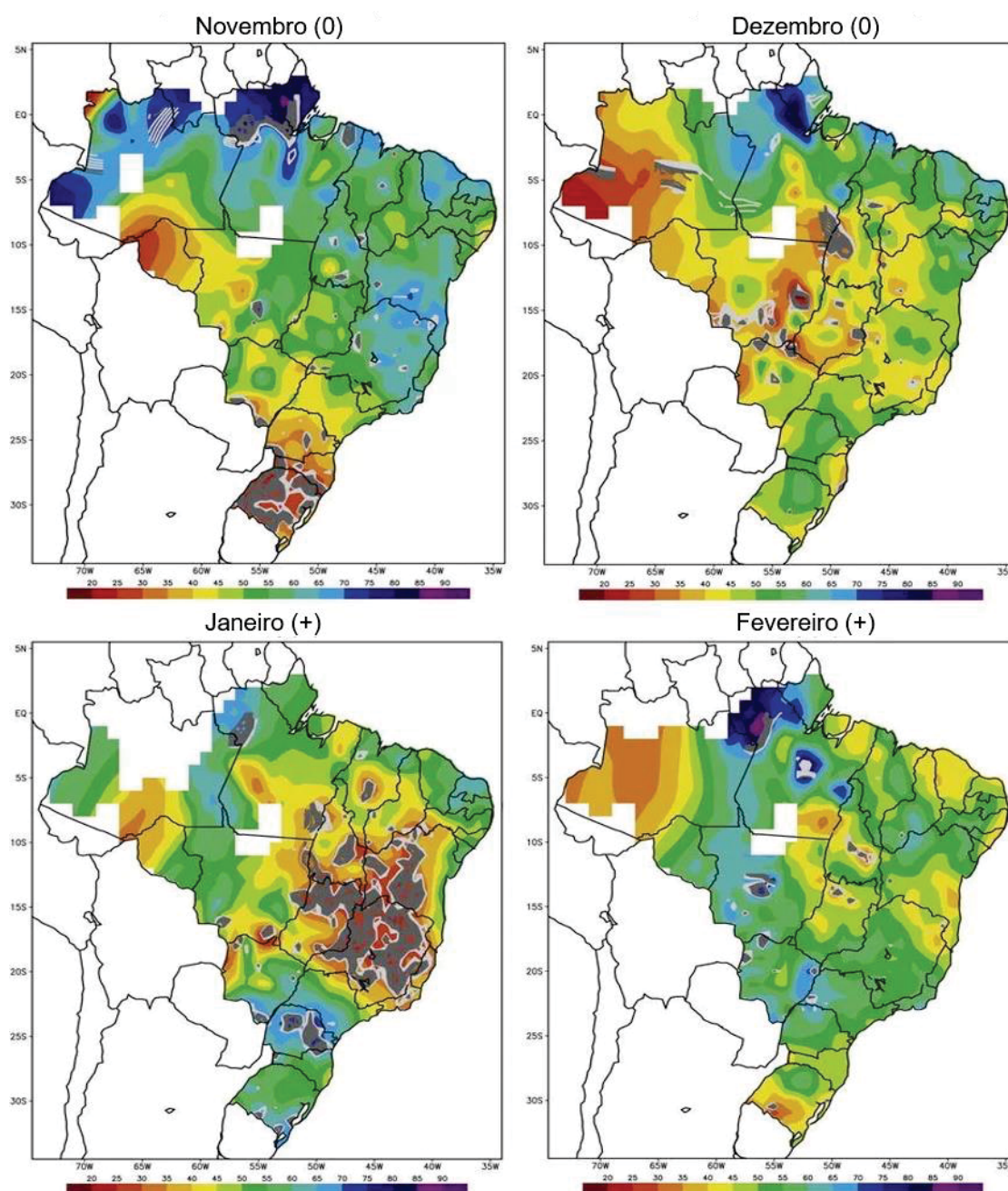


FONTE: Adaptado de Grimm (2003).

Durante os eventos de LN, como pode ser observado na FIGURA 5, as anomalias de precipitação são fortemente positivas durante o mês de novembro na região nordeste da Amazônia, enquanto o Norte e Centro-Leste do país apresenta anomalias levemente acima da média. No mês de dezembro, a maior parte da região sul apresenta precipitação próxima à média e as anomalias na região centro-leste são enfraquecidas. Durante o mês de janeiro, a região nordeste da Amazônia apresenta

anomalia positiva enfraquecida, as precipitações se intensificam na região sul, especialmente na porção norte, enquanto a região centro-oeste do país apresenta precipitação acima da média e o centro-leste tem anomalias negativas. Por fim, em fevereiro, o extremo sul do país volta a apresentar anomalias negativas e o nordeste da Amazônia tem precipitação acima da média.

FIGURA 5 – PERCENTIS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ESPERADA NO BRASIL DURANTE EPISÓDIOS DE LA NIÑA



FONTE: Adaptado de Grimm (2004).

Avaliando os resultados obtidos por Grimm (2003, 2004), nota-se que algumas regiões apresentam efeitos inversos para EN e LN. Um exemplo são as anomalias de precipitação na região sul do país, sendo elas positivas (negativas) na primavera do EN (LN). Destaca-se ainda a região sudeste como uma região de transição que apresenta anomalias de precipitação de sinais opostos, sendo a fronteira entre condições secas no Nordeste e chuvosas no Sul.

Outro estudo a ser destacado foi feito no sudeste asiático, Räsänen e Kummu (2013) obtiveram resultados que apontam a relação entre as fases do ENOS e os processos hidrológicos na região, observando-se aumento na precipitação durante eventos de LN e diminuição durante EN. Entretanto a influência se mostrou maior nos anos após o registro máximo de EN, concluindo-se que existe uma defasagem entre detectar o evento e refletir na precipitação. Além disso, as anomalias detectadas durante os eventos de EN tendem a ser maiores comparadas às registradas em LN.

Analisando as forçantes climáticas e o ciclo do carbono na região tropical da América do Sul, Ásia e África, Liu et al. (2017) concluíram que a resposta ao evento de EN de 2015/16 foi heterogênea comparado ao evento de LN em 2011. A média anual de precipitação na região tropical da América do Sul e Ásia diminuíram em 3,0 e 2,8 vezes o desvio padrão, respectivamente. Porém, na África, não se notou diferença na precipitação e número de meses secos entre 2015 e 2011.

Além dos efeitos na precipitação, pode-se observar os impactos do ENOS em outros processos hidrológicos. Wang et al. (2015) relacionaram, além da precipitação, as cheias que ocorreram em 2015 no Texas e Oklahoma com a combinação do evento do ENOS observado no período e outras forçantes climáticas que atuam na região.

Em geral, as anomalias nas vazões no mundo são consistentes com as observadas na precipitação, indicando que a precipitação é peça-chave para gerar impactos relacionados ao ENOS nas vazões sazonais. Entretanto, as vazões podem apresentar anomalias em regiões que apresentam pouca ou nenhuma alteração na precipitação. Isso pode ser explicado pelo degelo tardio em algumas regiões (noroeste dos Estados Unidos, sudoeste do Canadá, Europa central e centro-sul da Rússia) e pelos processos hidrológicos cumulativos na extensão da bacia (rio Nilo) (LEE et al., 2018).

Ainda, Ward et al. (2016) analisaram a relação entre as fases do ENOS e a duração e frequência das cheias a nível global. A conclusão foi que em escala global tanto em anos de EN, quanto em anos de LN, as cheias tendem a durar mais quando



comparadas com anos neutros. Além disso, em escala local, o ENOS apresentou maiores correlações com a duração do que com a frequência de cheias.

Na África, os efeitos relatados dos evento de EN são geralmente relacionados a estiagens na região sul e cheias no leste (NICHOLSON; KIM, 1997). Siderius et al. (2018) utilizaram os eventos mais fortes de EN registrados para avaliar a resposta hidrológica ao fenômeno no continente. Os resultados mostraram que os impactos hidrológicos podem ser avaliados como um evento de dois anos de duração. Entretanto, esse período é maior quando se analisa os impactos no abastecimento de água e geração de energia.

Os efeitos do evento de LN de 2016/17 no sistema de aquíferos do Quênia foram analisados por Ferrer et al. (2019). A estação úmida de 2016 se comportou como uma continuação da fase seca anterior, reduzindo a recarga dos aquíferos em 78% se comparada ao ano de 2014, considerado um ano úmido, e de 69% quando comparado a um ano de precipitação normal.

Análise semelhante feita por Ng et al. (2017) detectou anomalias na geração de energia hidrelétrica ao utilizar dados de usinas espalhadas em todo o mundo. Cabe destacar que os resultados apresentaram a importância do design e tomada de decisão na operação das barragens, pois algumas regiões que notadamente sofrem influência do ENOS não apresentaram anomalias na geração de energia.

Anteriormente, Kelman et al. (2000) incluíram a influência do fenômeno em um modelo de previsão de energia afluente às usinas hidrelétricas da Colômbia. Para isso, foram considerados alguns índices do ENOS para avaliar a incorporação de informação climática na estimativa de parâmetros de um modelo autorregressivo. Gelati et al. (2010) fizeram estudo semelhante, porém utilizando séries de vazões afluentes a um reservatório no Equador. Ambos os trabalhos obtiveram resultados que mostram a influência do fenômeno em pelo menos uma das fases no ciclo hidrológico das regiões estudadas.

Tanto a fase de EN, quanto a de LN têm efeitos significativos na região amazônica. Os efeitos de EN nos processos hidrológicos superficiais e na umidade do solo foram analisados por Van Schaik et al. (2018), cujos resultados mostraram a defasagem de um mês entre as mudanças de precipitação e vazão observadas durante o evento de 2015/16. Durante eventos de LN, a precipitação exacerbada na região tem como consequência uma baixa salinidade e aumento dos nutrientes

dissolvidos nas águas costeiras, afetando diretamente a atividade pesqueira local (PEREIRA et al., 2013).

A relação do fenômeno com as mudanças climáticas ainda não é um consenso sendo um assunto relativamente recente. Cai et al. (2015) afirmam que a frequência de eventos extremos de EN e LN aumentará com as mudanças climáticas. Porém, Wang et al. (2017) e Yeh et al. (2018) são menos categóricos e defendem que ainda não há evidências suficientes para tal afirmação.

Neste contexto, Fasullo et al. (2018) utilizaram conjuntos de simulações climáticas e concluíram que as mudanças climáticas podem aumentar a força das teleconexões do ENOS, gerando uma maior variabilidade interanual em temperaturas extremas regionais. Resultado análogo foi apresentado por Zheng et al. (2019), comparando o aumento de emissão de gases do efeito estufa com a variabilidade de precipitação durante as fases do ENOS.

É importante destacar que, embora os dados históricos indiquem estatisticamente os impactos típicos do ENOS em extensão e sazonalidade, cada evento é particular e ocorre simultaneamente com outros eventos climáticos com diferentes combinações. Assim, mapas gerados em diversos estudos não devem ser encarados como uma previsão das consequências de um evento em progresso ou previsto.

### 1.1.2 Índices

O entendimento quanto aos processos climáticos e hidrológicos se desenvolve significativamente ao longo dos anos, conforme avançam as teorias, modelos e reconstruções de séries. Entretanto, as séries observadas em processos como o ENOS ainda são muito pequenas para que se possa compreender a evolução e mecanismo do fenômeno por completo (YEH et al., 2018).

Existem muitos índices que tentam descrever padrões climáticos e hidrológicos observados, servindo como base para estudos de relação entre fenômenos e modelos de previsão. Ao longo dos anos, buscou-se uma forma de identificar e quantificar as fases do fenômeno ENOS com base na série observada, enfatizando os principais eventos identificados e seus impactos.

Por se tratar de um fenômeno complexo resultante da interação entre oceano e atmosfera, foram estabelecidos índices considerando as duas componentes. Alguns

índices tratam apenas a componente oceânica (El Niño/La Niña) e outros consideram apenas a componente atmosférica (Oscilação Sul). Porém, ao longo dos anos, foram estabelecidos índices que tentam explicar a interação e resposta das duas componentes.

Considerar apenas um dos meios que exercem influência no fenômeno ENOS significa analisar anomalias de características exclusivas da componente, ignorando os efeitos da interação. As anomalias citadas podem ser obtidas por diferentes formas, podendo ser definidas como a diferença entre dois pontos de medição, valores normalizados ou valores acima da média histórica, por exemplo.

As anomalias atmosféricas que podem ser observadas facilmente durante as diferentes fases do ENOS estão relacionadas à precipitação e aos padrões de formação de nuvens (MCGREGOR; EBI, 2018). Por emitirem radiação de ondas longas (OLR, em inglês), esta é uma série de dados utilizada como bom indicativo dos eventos de ENOS, com base em observações de satélite. Chiodi e Harrison (2010) analisaram as alterações do processo convectivo utilizando OLR e observaram que os anos identificados como ocorrências de EL apresentavam anomalias com valores pequenos. Com base nessa informação, foi estabelecido um índice OLR exclusivamente para EN (CHIODI; HARRISON, 2013) e, posteriormente, um índice para LN (CHIODI; HARRISON, 2015) relacionando o OLR com anomalias sazonais de precipitação.

O processo de circulação de ar ocorre devido à diferença de pressão entre regiões e, portanto, as anomalias observadas na pressão ao nível do mar (SLP, em inglês) são bons indicadores da atividade atmosférica. O *Southern Oscillation Index* (SOI), baseado nas anomalias de pressão ao nível do mar, pode ser determinado por diferentes métodos, considerando uma ou combinações de várias regiões (MCBRIDE; NICHOLLS, 1983).

A pressão atmosférica ao nível do mar em Darwin (12°26'S, 130°52'L) e Taiti (17°33'S, 149°37'O) estão entre as referências mais utilizadas para descrever o desenvolvimento do ENOS. Isso porque esses locais são considerados como os centros da ação do fenômeno, pois estão localizados nas pontas da oscilação, demonstrando a máxima diferença de pressão durante um evento do ENOS.

O método de Troup (1965) é definido como a diferença de pressão ao nível do mar entre as estações de Taiti e Darwin, normalizada para cada mês do ano. Por fim, o método de Wright (1984) é o resultado da análise de componentes principais da

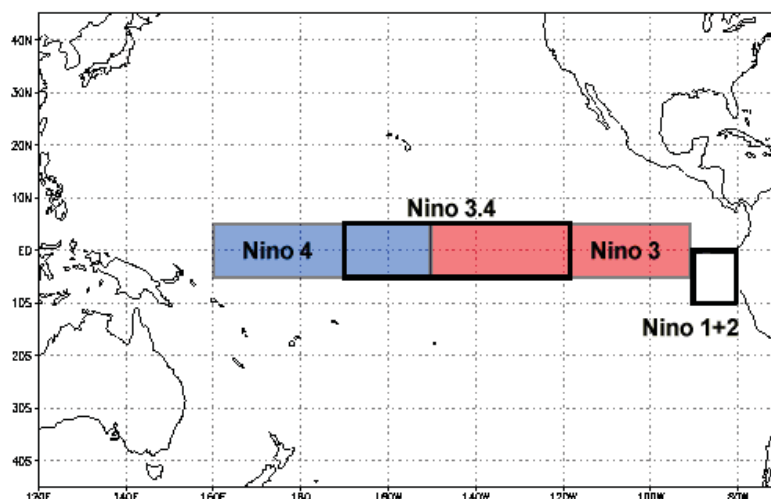
média sazonal de pressão em oito estações, as quais estão localizadas no hemisfério sul e em regiões tropicais.

Entre os métodos apresentados, o mais utilizado para determinar o SOI é o método de Troup, o qual descreve a oscilação da pressão do ar na superfície do oceano Pacífico. O valor positivo de SOI indica a fase de LN do ENOS, pois a pressão em Darwin está menor do que em Taiti e, conseqüentemente, o fluxo da circulação atmosférica está de oeste para leste do Pacífico (JAFFRÉS et al., 2018).

Analisando apenas a componente oceânica, a TSM é o principal indicador para avaliar o fenômeno. Rasmusson e Carpenter (1982) delimitaram quatro regiões no Oceano Pacífico equatorial como as principais para análise do fenômeno, denominadas Niño 1, 2, 3 ( $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ ,  $150^{\circ}\text{O} - 90^{\circ}\text{O}$ ) e 4 ( $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ ,  $160^{\circ}\text{L} - 150^{\circ}\text{O}$ ). As regiões 1 e 2 são comumente agrupadas e a região é chamada Niño 1+2 ( $0-10^{\circ}\text{S}$ ,  $90-80^{\circ}\text{O}$ ), por estar localizada próxima à costa da América do Sul, apresenta as maiores variações de TSM.

Barnston et al. (1997) definiram uma região nomeada Niño 3.4 ( $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ ,  $170^{\circ}\text{O} - 120^{\circ}\text{O}$ ), resultado da junção de partes das regiões Niño 3 e 4. Na Niño 3.4 é possível observar a média da TSM equatorial no Oceano Pacífico e, por isso, considerada um bom indicador para generalizar as anomalias de TSM durante as fases do ENOS. Quando a média móvel de cinco meses das anomalias médias de TSM da Niño 3.4 é maior que  $0,4^{\circ}\text{C}$  (menor que  $-0,4^{\circ}\text{C}$ ) durante seis meses ou mais, considera-se a ocorrência de um evento de EN (LN). A localização das regiões no Oceano Pacífico está apresentada na FIGURA 6.

FIGURA 6 – REGIÕES DO ÍNDICE NINO (TSM)



FONTE: Chakraborty et al. (2014)

O *Trans-Niño Index* (TNI) é definido como a diferença normalizada das anomalias de TSM das regiões Niño 1+2 e 4. O índice foi apresentado por Trenberth e Stepaniak (2001) como uma forma de representar o gradiente de TSM entre as regiões central e ocidental do Pacífico, descrevendo o desenvolvimento do ENOS.

Também utilizando a TSM como parâmetro, o *Oceanic Niño Index* (ONI) é a diferença entre a média móvel de três meses dos valores de TSM médio da região Niño 3.4 com a média histórica. Um evento de EN (LN) é considerado completamente desenvolvido quando a anomalia exceder  $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por cinco meses consecutivos (LAM et al., 2019). Em casos em que a excedência se dê por apenas três meses consecutivos, os eventos são considerados locais (MCGREGOR; EBI, 2018).

Como vantagem, o ONI é baseado em uma medida aceita internacionalmente para descrever o estado do Oceano Pacífico equatorial. Além disso, o ONI pode ser relacionado a padrões de temperatura e precipitação em escala global e permite comparações com episódios quentes ou frios anteriores sem ser prescritivo em relação aos efeitos (KOUSKY; HIGGINS, 2007).

Considerando a complexidade do fenômeno por completo, existem índices que visam reproduzir a interação oceano-atmosfera ao analisar processos e anomalias de ambas as componentes. O *Multivariate ENSO Index* (MEI), com base na análise de componentes principais, incorpora dados do oceano (TSM) e da atmosfera (SLP, componentes zonal e meridional do vento na superfície, temperatura do ar superficial e fração total de nebulosidade do céu) (WOLTER; TIMLIN, 1993, 1998). Os valores de MEI têm sinal oposto ao SOI, sendo valores positivos (negativos) um indicativo que o fenômeno está em fase de EN (LN) e, quanto maior o valor, mais intensa é a fase (MCGREGOR; EBI, 2018). Wolter e Timlin (2011) apresentam em seu trabalho a versão MEI.ext, a qual é baseada apenas na TSM e SLP, abrangendo o período de 1871 a 2005.

Em um estudo sobre o efeito intrasazonal do ENOS, Smith e Sardeshmukh (2000) estabeleceram o índice *Bivariate ENSO Timeseries* (BEST). Este índice utiliza os dados padronizados da TSM da Niño 3.4 e SOI, integrando o efeito das duas componentes do fenômeno.

Por serem utilizadas diferentes abordagens e considerações quanto ao processo, existem estudos comparando a confiabilidade dos índices. Entretanto, Santoso et al. (2017), em concordância com Trenberth e Stepaniak (2001), sugerem

que é necessário utilizar mais de um índice para caracterizar e avaliar a evolução de um evento do ENOS.

Na TABELA 1 estão listados os índices apresentados, bem como a componente considerada em sua composição.

TABELA 1 – ÍNDICES E COMPONENTES CONSIDERADAS

Índice	Componente
Radiação de ondas longas (OLR, em inglês)	Atmosférica
<i>Southern Oscillation Index</i> (SOI)	Atmosférica
Niño 1+2, 3, 3.4 e 4	Oceânica
<i>Trans-Niño Index</i> (TNI)	Oceânica
<i>Oceanic Niño Index</i> (ONI)	Oceânica
<i>Multivariate ENSO Index</i> (MEI)	Ambas
<i>Bivariate ENSO Timeseries</i> (BEST)	Ambas

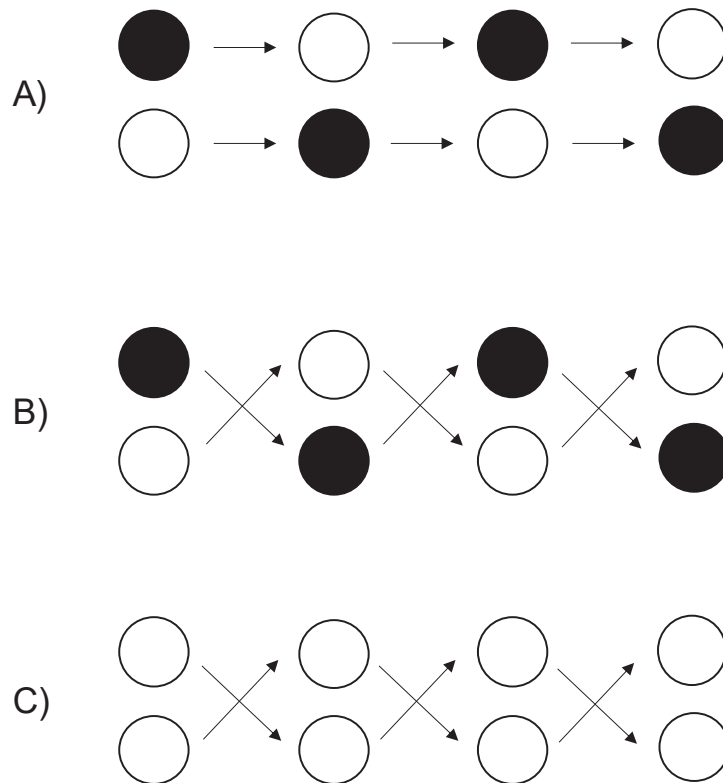
FONTE: A autora (2020).

## 1.2 TRANSFERÊNCIA DE INFORMAÇÃO

No estudo de alguns processos físicos conhecer sua interação no sistema é mais importante do que ter informações sobre o processo em si. Em casos como esse, busca-se identificar e quantificar o fluxo de informação que ocorre no sistema, abordando características quanto a existência e direção das interações, além de entender como o funcionamento do sistema varia no tempo e instante de interação entre processos.

Entender o fluxo de informação é sintetizar a sinergia entre processos com relação linear ou não, além de encontrar um comportamento causa-efeito. Para um sistema composto de vários processos integrados, obtém-se mais informação quanto à sua estrutura ao entender como os componentes contribuem individualmente para produção de informação e como é a troca de informação entre eles. A diferença entre causalidade e transferência de informação pode ser melhor compreendida pelas FIGURA 7 e FIGURA 8.

FIGURA 7 - CAUSALIDADE SEM TRANSFERÊNCIA DE INFORMAÇÃO

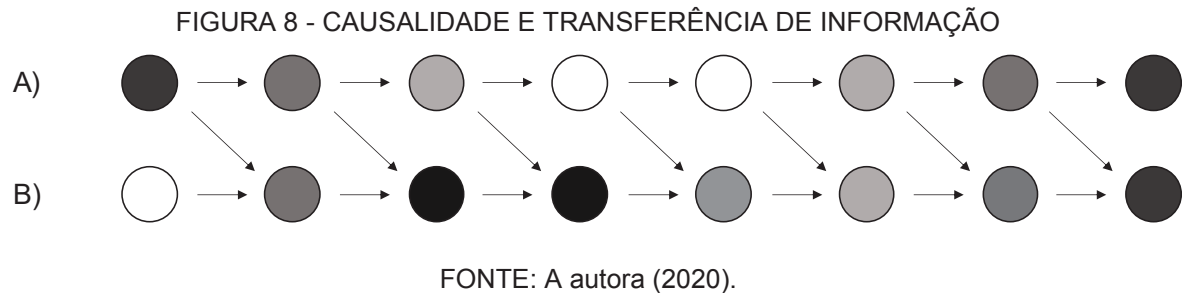


FONTE: Adaptado de Wibral et al. (2014).

A FIGURA 7 apresenta três cenários de desenvolvimento de dois processos que ocorrem simultaneamente. Considerado os estados branco e preto como zero e um, respectivamente, o cenário A representa uma dinâmica *flip bit*, o qual pode ser descrito como a alternância entre zero e um. Este cenário não apresenta interação entre os dois processos, apenas uma dinâmica interna de desenvolvimento. Em contrapartida, os cenários B e C apresentam causalidade entre as mudanças de estado dos dois processos, mas não há dinâmica interna. O estado de um processo no instante  $t$  é a causa do estado no instante  $t + 1$  do outro processo. O fato de a causa preceder efeito é característica de causalidade, porém não há transferência de informação nesta interação porque um processo impõe o próximo estado do outro.

A FIGURA 8 apresenta a interação entre os processos A e B com dinâmica interna, causalidade e transferência de informação, sendo o processo B influenciado pelo processo A. Considerando a dinâmica interna dos dois processos igual, embora oposta, esta pode ser caracterizada como a mudança de estados entre preto e branco de maneira gradual. A dinâmica interna é mais explícita no processo A.





A causalidade e transferência de informação entre os processos podem ser observadas de maneira conjunta. O estado do processo A no instante  $t$  influencia o estado no instante  $t + 1$  do processo B, tornando a mudança de estado menos gradual que a dinâmica interna de B. A causa precede o efeito e o processo A não impõe os estados no processo B, apenas influencia parcialmente nas mudanças.

O artigo publicado por Blöschl et al. (2019) sobre os problemas ainda não resolvidos em hidrologia aponta a importância de entender a interação entre processos físicos. A relação entre os processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica e variações climáticas observadas é uma das abordagens utilizadas para explicar o padrão de variabilidade hidrológica de um local (GHAFARIAN et al, 2016; GHAJARNIA et al., 2020; MCCABE et al., 2017; MÜLLER SCHMIED et al., 2016; SPRINGER et al., 2015).

Um dos métodos para detectar o padrão de desenvolvimento de eventos hidrológicos relacionados às fases do ENOS é a análise de percentis de probabilidade de ocorrência dos eventos. Cayan et al. (1999) avaliaram a relação entre as fases do fenômeno com eventos moderados (mediana) e extremos (90º percentil) de cheias. De forma análoga, Cid-Serrano et al. (2015) relacionou os tercis de precipitação com as fases do ENOS, identificando a combinação de temperatura e umidade das estações. Essa é uma abordagem que identifica as similaridades entre padrões de duas variáveis, mas não indica necessariamente a causalidade e, conseqüentemente, não considera o fluxo de informação entre elas.

Lee et al. (2020) e Oertel et al. (2020) analisaram a relação entre fatores climáticos de grande escala e a variabilidade hidrológica utilizando a correlação entre as séries, porém não consideraram a defasagem de tempo de resposta. Outros autores abordam a defasagem entre a detecção da mudança de fases do ENOS e a resposta de variáveis hidrológicas, mas também utilizam a correlação como métrica para isso (CANCHALA et al., 2020; CHIEW et al., 1998; CHIEW e McMAHON, 2002;



GUTIÉRREZ e DRACUP, 2001; REDMOND e KOCH, 1991). Ao utilizar medidas de correlação é necessário lembrar que obter um valor alto pode ser um indicativo de causalidade entre as variáveis, mas não é suficiente para afirmá-la.

O teste de causalidade definido por Granger (1969, 1980, 1988) é uma alternativa para detectar a relação causa-efeito entre duas variáveis. Assume-se que os dois processos analisados sejam independentes e o teste tenta detectar se existe uma causalidade entre as séries. Baseado na premissa de que causa precede efeito, o objetivo é identificar se as previsões de um processo podem ser aprimoradas com a inclusão de informações de outras variáveis, assumindo que a causa contém informações únicas sobre o efeito que não está em nenhuma outra variável.

A causalidade de Granger foi aplicada por Li et al. (2020) utilizando análises lineares e não lineares. O objetivo era avaliar a influência da umidade do solo na precipitação. Por sua vez, Val et al. (2016) estudaram se as dinâmicas que ocorrem em uma bacia são afetadas pelas mudanças climáticas com base na causalidade de Granger.

Todavia, a causalidade de Granger também não implica em transferência de informação entre processos. Nesse sentido, Schreiber (2000) propõe em seu trabalho uma medida para o fluxo de informação baseado em conceitos da entropia no campo da teoria da informação. A entropia de transferência é uma medida não-paramétrica para avaliar a interação entre diferentes pares de variáveis (WIBRAL et al., 2014).

Shannon (1948) introduziu em seu trabalho a ideia de mensurar a informação contida em uma mensagem qualquer. Sua teoria aborda a informação como uma medida estatística relacionada com a probabilidade de ocorrência de cada dado. Esta é, portanto, uma propriedade do conjunto de dados, não dos dados em si. Por exemplo, ao calcular a entropia de um dos índices de ENOS, não importa a fase do fenômeno que cada dado representa, apenas a série temporal como um todo.

Sendo  $x$  a ocorrência de um evento da variável  $X$ , a informação de Shannon ( $h(x)$ ) é definida pela equação (1):

$$h(x) = -\ln p(x) \quad (1)$$

a partir da qual pode-se interpretar que, quanto menor a probabilidade  $p(x)$  de ocorrência de cada evento, mais informação está contida na mensagem completa.

Baseada na medida de informação, a entropia de Shannon ( $H(x)$ ) é definida pela média ou valor esperado da informação de acordo com a probabilidade de ocorrência de cada evento, conforme apresentado na equação (2),

$$H(X) = E\{h(x)\} = - \sum_{x \in \Omega} p(x) \ln p(x) \quad (2)$$

Dessa forma, a entropia pode ser descrita como a incerteza média de um valor da amostra de uma variável, equivalente à informação média requerida para predizer o valor daquela amostra.

Diferentemente da entropia para processos discretos, a entropia de processos contínuos pode assumir valores negativos. Para processos contínuos a entropia é representada pela equação (3), na qual a integral exclui os pontos em que a probabilidade é igual a zero,

$$H(X) = - \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \ln p(x) dx \quad (3)$$

Interpretando a entropia de uma série como sua incerteza intrínseca, Kawachi et al. (2001) aplicaram o conceito para avaliar séries temporais de precipitação em todo o Japão e, com base nesses valores, delimitaram áreas com a mesma complexidade para o gerenciamento dos recursos. De forma semelhante, os trabalhos de Silva et al. (2017) e Poveda e Salas (2015) compararam os valores da entropia de precipitação divididas em períodos secos e úmidos para entender a complexidade espaço-temporal numa bacia.

Sendo a entropia uma medida associada ao conjunto de objetos, pode-se estender o conceito para analisar dois processos em conjunto ou condicionados. Considerando  $x_i$  e  $y_i$ , respectivamente, ocorrências dos processos  $X$  e  $Y$  no instante  $i$ , e  $\Omega$  o espaço de todos os eventos do processo, a entropia conjunta de duas variáveis pode ser descrita pela equação (4):

$$H(X, Y) = - \sum_{x \in \Omega_x} \sum_{y \in \Omega_y} p(x, y) \ln p(x, y) \quad (4)$$

Por sua vez, a entropia condicional pode ser interpretada como a incerteza do valor de  $X$  dado que o valor de  $Y$  é conhecido, conforme apresentado nas equações (5) e (6):

$$H(X|y) = - \sum_{x \in \Omega} p(x|y) \ln p(x|y) \quad (5)$$

$$H(X|Y) = E\{h(x|y)\} = - \sum_{y \in \Omega_y} p(y) H(X|y) \quad (6)$$

Dessa forma, a entropia conjunta pode ser reescrita em função da entropia condicional, como apresentada na equação (7):

$$H(X, Y) = H(X) + H(Y|X) = H(Y) + H(X|Y) \quad (7)$$

A entropia conjunta é sempre um valor maior ou igual à entropia marginal de um processo, isso porque, caso os dois processos sejam estatisticamente independentes, conhecer o valor da segunda variável não diminui a incerteza relacionada à primeira variável.

Ao analisar um sistema composto por diversos processos, por vezes busca-se identificar a informação comum entre as variáveis. A informação mútua (MI, em inglês) é uma medida de dependência de duas variáveis, podendo ser interpretada como uma forma de obter a correlação não-linear entre elas. Caso exista informação mútua, a soma das entropias marginais deve ser maior que a entropia conjunta, portanto, a informação mútua global é sempre não-negativa. Com base na teoria de conjuntos, a *MI* pode ser entendida como a diferença entre a soma das entropias marginais e a entropia conjunta das variáveis, conforme apresentado na equação (8):

$$I(X:Y) = H(X) + H(Y) - H(X, Y) \quad (8)$$

onde  $I$  representa a *MI*. Baseado nos conceitos previamente expostos, o valor de *MI* pode ser descrito relacionando a entropia de uma variável com a entropia condicionada de dois processos. Intuitivamente, a *MI* é a diferença entre a entropia

marginal de  $X$  e a entropia de  $X$  condicionada a  $Y$ , dada pela equação (9) (COVER; THOMAS, 2005):

$$I(X:Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X) \quad (9)$$

sendo esta uma medida simétrica em  $X$  e  $Y$ . Destaca-se ainda que a informação mútua é igual a zero se, e somente se, os dois processos forem independentes.

A  $MI$  apresenta o valor máximo nos pontos de inflexão da série de dados analisada e, em razão, é considerada um bom indicador de transição de estados. Portanto, em análises de sistemas complexos, busca-se identificar os pontos em que a derivada de segunda ordem seja descontínua, indicando a transição entre estados de ordem e desordem (BOSSOMAIER et al., 2016).

A utilização do conceito de  $MI$  se mostra mais intuitiva para aplicar na relação entre variáveis. Trabalhos como os de Chen et al. (2008), Al-Zahrani e Husain (1998) e Krstanovic e Singh (1992) aplicaram a  $MI$  para definir a quantidade e distribuição espacial de estações para captar a complexidade espaço-temporal da precipitação em uma bacia.

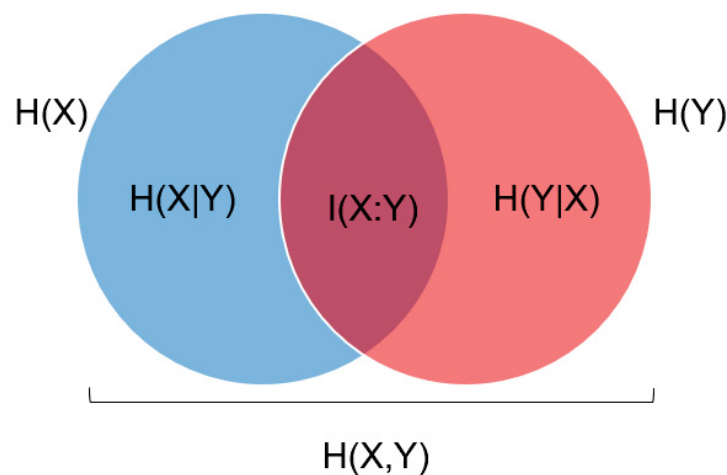
Hejazi et al. (2008) utilizaram o conceito de  $MI$  para avaliar a relação entre a defluência de reservatórios e a complexidade de atendimento dos usos primários, como o controle de cheias, geração de energia, irrigação e abastecimento. De forma análoga, Ellenburg et al. (2018) relacionaram séries de precipitação, evapotranspiração e vazão em diferentes escalas temporais e espaciais a fim de avaliar a importância da evapotranspiração na modelagem hidrológica de vazão.

Com base na  $MI$ , a relação entre vazões e o fenômeno ENOS foi analisada no trabalho de Khan et al. (2006). Os autores utilizaram dados de TSM da região NINO 3.4 e séries de vazões médias mensais dos rios Nilo, Amazonas, Congo, Paraná e Ganges para detectar uma possível relação entre as mudanças de fase e o ciclo hidrológico de regiões tropicais.

Em uma análise semelhante, Vu et al. (2018) estudaram a relação entre variáveis hidrometeorológicas e o ENOS comparando valores obtidos para o coeficiente de correlação de Pearson e  $MI$ . Os valores indicaram que utilizando  $MI$  foi possível detectar conexões mais significativas entre as variáveis em diferentes escalas espaço-temporais.

Os conceitos de entropia descritos anteriormente podem ser mais bem visualizados com o diagrama de Venn apresentado na FIGURA 9. O círculo azul e o vermelho indicam a entropia marginal de  $X$  e  $Y$ , respectivamente, sendo o espaço total ocupado pelas duas a entropia conjunta. A região de intersecção representa a informação mútua entre as variáveis e as regiões não interseccionadas simbolizam a entropia condicional ou, simplesmente, a parcela da entropia marginal que não pode ser explicada pela outra variável.

FIGURA 9 – DIAGRAMA DE VENN DOS CONCEITOS DE ENTROPIA DA INFORMAÇÃO



FONTE: A autora (2020).

A partir desses conceitos, a transferência de informação entre processos poderia ser interpretada como a MI de  $X$  e estados anteriores de  $Y$ , mas Paluš et al. (2001) e Schreiber (2000) demonstram que esta não é a melhor abordagem. Isso porque a MI não considera o histórico compartilhado das duas variáveis, deixando de lado a sinergia existente entre os processos. Portanto, para mensurar a transferência de informação do processo  $Y$  (fonte) para  $X$  (destino), é necessário considerar a influência do passado de  $Y$  em  $X$ , bem como a influência do passado do próprio  $X$ .

Conclui-se, então, que a transferência de informação pode ser mensurada pela MI de  $X$  e  $Y$  condicionada ao passado do processo destino ( $X_{t-1}$ ). Dessa forma é retirada qualquer redundância ou informação compartilhada existente entre o  $X$  anterior e o atual, além de adicionar informação sinérgica sobre o estado atual de  $X$  na fonte  $Y$  que só pode ser obtida sabendo do passado de  $X$ .

A entropia de transferência (TE, no inglês) pode ser definida como, dado o estado anterior do processo destino, a quantidade de informação que um processo

fonte transfere para o próximo estado do processo destino. Isso significa que o processo fonte fornece informações sobre a transição de estados, não sobre o estado em si. Portanto, duas características do sistema são importantes para a determinação da TE, sendo uma delas o comprimento da série histórica anterior que influencia no estado atual e a defasagem da transferência de informação entre processos (BOSSOMAIER et al., 2016).

Definir a influência da série histórica em sua própria mudança de estado é a característica mais complexa, pois a escolha de valores extremos para o processo destino pode superestimar a TE. Valores muito pequenos tendem a não considerar todo o histórico de influência e valores muito grandes provocam a subamostragem para definir a função de densidade de probabilidade (FDP) multidimensional. Por outro lado, para o processo fonte, a escolha de valores muito pequenos pode subestimar a TE, pois não abrange todos os dados que influenciam na transição de estados do processo destino (SCHREIBER, 2000).

No estudo em que apresentou a formulação de TE, Schreiber (2000) sugere que, sendo o processo destino Markoviano de ordem  $k$ , deve-se considerar este valor como o tamanho do histórico que influencia no processo. Nesse mesmo cenário, o processo fonte deve adotar o mesmo valor que o processo destino. Entretanto, caso o processo conjunto de  $X$  e  $Y$  seja Markoviano de ordem  $\ell$ , ou seja,  $X$  depende de  $\ell$  defasagens de  $Y$ , este deve ser o valor adotado para o processo fonte.

A defasagem de transferência de informação entre os processos pode ser explicada como o tempo que demora entre a ocorrência de um dado e sua influência na mudança de estado do outro processo. Essa defasagem só pode ser considerada entre processos diferentes, nunca entre o estado atual e seu próprio passado, pois dessa forma garante que o valor do armazenamento ativo de informação (AIS, no inglês) seja mantido e o valor obtido de TE pode ser efetivamente interpretado como transferência de informação. O AIS, apresentado na equação (10),

$$A_X(t) = I(X_{t-1}:X_t) = H(X_t) - H(X_t|X_{t-1}) \quad (10)$$

é interpretado como a quantidade de informação contida no estado imediatamente anterior que diz respeito ao estado atual ou, simplesmente, é a memória do processo (LIZIER et al., 2012).

Por fim, sendo  $k$  e  $\ell$  o comprimento da série histórica influente na transição de estados dos processos destino e origem, respectivamente, e  $u$  a defasagem de transferência de informação entre os processos, a TE pode ser expressa segundo a equação (11) (BOSSOMAIER et al., 2016):

$$T_{Y \rightarrow X}^{(k, \ell)}(t, u) = I(X_t : Y_{t-u}^{(\ell)} | X_{t-1}^{(k)}) = H(X_t | X_{t-1}^{(k)}) - H(X_t | X_{t-1}^{(k)}, Y_{t-u}^{(\ell)}) \quad (11)$$

A entropia de  $X_t$  condicionada a seu próprio passado é chamada de taxa de entropia  $H'(X_t)$ . Esse valor inclui a influência de outras variáveis no processo  $X$ , além das incertezas intrínsecas ao valor. Expandindo a taxa de entropia, conforme apresentado na equação (12), nota-se que a TE é complementar ao AIS (BOSSOMAIER et al., 2016),

$$H'(X_t) = I(X_{t-1}^{(k)} : X_t) + I(X_t : Y_{t-u}^{(\ell)}) + H(X_t | X_{t-1}^{(k)}, Y_{t-u}^{(\ell)}) = A_X^{(k)} + T_{Y \rightarrow X}^{(k, \ell)}(t) + H(X_t | X_{t-1}^{(k)}, Y_{t-u}^{(\ell)}) \quad (12)$$

O valor de  $X_t$  é composto pela memória do processo e a transferência de informação de  $Y$ , além de considerar a incerteza intrínseca da variável condicionada aos estados anteriores  $X_{t-1}^{(k)}$  e  $Y_{t-u}^{(\ell)}$ . Vale destacar que a TE deve ser sempre um valor não-negativo, uma vez que acrescentar a informação de  $Y$  não deve aumentar a entropia condicional. Ainda, TE é zero se, e somente se,  $X$  condicionado a seu próprio passado é independente do passado de  $Y$ .

Nota-se que a TE não é simétrica, pois a transferência de informação entre as variáveis é unidirecional. Tal característica permite a utilização dessa métrica para avaliar a causalidade entre diversas séries temporais, identificando as relações não lineares com base em uma metodologia não paramétrica (SIPAHÍ; PORFIRI, 2020). O emprego de TE para definir a cadeia de interação dentro de um sistema complexo pode ser encontrado nos trabalhos de Delgado-Bonal et al. (2020), Ni et al. (2020) e Zhang e Shang (2020).

No trabalho de Ruddell e Kumar (2009), a TE foi utilizada para mensurar o fluxo de informação entre pares de variáveis ecohidrológicas. Ao modelar as relações

como um sistema complexo, foi possível identificar com mais clareza as diferenças entre os padrões de resposta dos pares de variáveis analisados. Essa é uma abordagem que permite identificar quais variáveis são mais influentes em um sistema que incontáveis interações e combinações de fatores ocorrem, permitindo a escolha das mais relevantes para um modelo, por exemplo (HE; LUO, 2020).

Bennett et al. (2019) propuseram a utilização de TE para avaliar o desempenho de modelos. A justificativa é de que as métricas clássicas baseadas no erro do valor obtido não representam a complexidade do processo desenvolvido pelo modelo. Os autores afirmam que utilizar técnicas estatísticas não lineares possibilitam o entendimento quanto ao processamento da informação no modelo, pois dessa forma a escolha dos parâmetros também será baseada na reprodução do processo físico e não só na minimização dos erros.

Quando analisadas duas variáveis Gaussianas e com relação linear, a causalidade de Granger e a TE são equivalentes (BARNETT et al., 2009). Entretanto, em outras circunstâncias, TE é mais indicada para avaliar como a dinâmica do passado de uma variável fonte, não sendo redundante quanto os estados observados anteriormente da variável destino, tem impacto no estado atual.

Um resumo com todos os conceitos de entropia e suas respectivas equações está apresentado na TABELA 2.

TABELA 2 – CONCEITOS DE ENTROPIA

Conceito	Equação	Referência
Entropia	(2) e (3)	
Entropia conjunta	(4)	Shannon (1948)
Entropia condicional	(6) e (7)	
Informação mútua (MI)	(8) e (9)	Cover; Thomas (2005)
Armazenamento ativo de informação (AIS)	(10)	Lizier et al., 2012
Entropia de transferência (TE)	(11)	Paluš et al. (2001) e Schreiber (2000)
Taxa de entropia	(12)	Bossomaier et al., 2016

FONTE: A autora (2020).



### 1.3 TRANSFORMADA WAVELET

Embora a maioria dos sinais sejam registrados no domínio do tempo, a análise do sinal no domínio da frequência pode ser uma ferramenta para melhor entender o seu comportamento, sendo essas abordagens com enfoques diferentes, mas complementares. A frequência é definida como o número de ciclos que ocorrem ao longo de um determinado período. Dessa forma, pode-se entender a análise no domínio da frequência como uma forma de representar padrões cíclicos que compõem a série analisada, os quais nem sempre podem ser observados a partir da série no domínio do tempo.

A transformada de Fourier (TF) é uma das ferramentas mais conhecidas para a análise de frequência de sinais. Nessa abordagem, o sinal é entendido como o resultado da soma de funções seno e cosseno de diferentes frequências. As equações (13) e (14) apresentam, respectivamente a transformada de  $f(t)$  e sua inversa,

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \quad (13)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{i\omega t} d\omega \quad (14)$$

sendo  $t$  o tempo,  $\omega$  a frequência,  $f$  o sinal analisado no domínio tempo e  $F$  o sinal no domínio frequência (MALLAT, 2009). A transformada em si é uma análise de similaridade entre o sinal e a função base utilizada. Dessa forma, a TF atua multiplicando o sinal original por um termo senoidal de frequência  $\omega$ . Essa operação é feita para cada valor de  $\omega$  e, sendo a integral de  $-\infty$  até  $\infty$ , são considerados todos os instantes de tempo em que ela ocorre.

O resultado da integral vai ser afetado pela existência de certa frequência  $\omega$  independentemente do instante no qual ela ocorra no sinal. Portanto, a TF fornece informações quanto às frequências que formam um sinal, sendo ideal para análise de sinais periódicos e/ou estacionários. Isso porque em sinais estacionários as frequências não mudam ao longo do tempo, ou seja, todas as componentes de frequência existem em toda a série.

Entretanto, é comum que séries de processos físicos apresentem características não estacionárias e, muitas vezes, a análise da frequência é feita para identificar tendências, mudanças bruscas no comportamento ou o início e fim de um evento. E não é possível fazer esse tipo de análise sem considerar o fator tempo, pois a frequência por si só não traduz com exatidão todas as informações temporais da série (MALLAT, 2009).

A Transformada Janelada de Fourier (TJF) é uma adaptação da TF para utilizar em sinais não estacionários. Basicamente, a TJF é a multiplicação de um sinal de entrada por uma função janela de tamanho constante cuja posição varia no tempo, conforme equação (15):

$$S_X(u, \xi) = \langle f, g_{u, \xi} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)g(t - u)e^{-i\xi t} dt \quad (15)$$

sendo  $f(t)$  o sinal analisado no domínio do tempo,  $g(t - u)$  a função janela transladada em  $u$  no tempo e  $\xi$  na frequência (MALLAT, 2009).

Ao utilizar a função janela, assume-se que um pedaço de um sinal não estacionário pode apresentar comportamento estacionário. A TJF desloca uma janela de observação ao longo do eixo tempo e a TF é calculada para cada segmento do sinal. Embora tenha precisão limitada, é possível obter informações quanto ao instante de ocorrência das frequências.

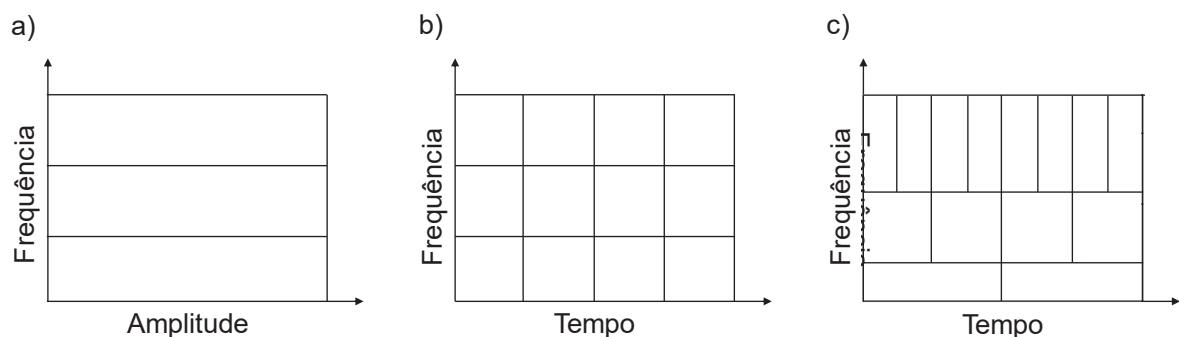
O fato de a janela de observação ter tamanho constante cria certas limitações de aplicação da TJF. Caso o tamanho da janela seja muito pequeno, perde-se informações mais gerais quanto ao comportamento do sinal, por outro lado uma janela muito grande pode gerar amostras com comportamento não estacionário. Por isso, o próximo passo lógico é utilizar uma janela com tamanho variável para a análise de sinais (JENSEN; LA COUR-HARBO, 2001).

A transformada *wavelet* (TW) é uma técnica de janelas com dimensões variadas e que utiliza como base uma função de duração limitada, fornecendo informações de frequências que compõem o sinal e o instante em que ocorrem. Por fornecer esse tipo de informação, torna-se útil sua aplicação em séries não estacionárias quando a informação no domínio do tempo também é importante para a análise (MALLAT, 2009).

As diferenças de resolução (ou detalhamento) nos domínios da frequência e tempo das transformadas de Fourier, Fourier Janelada e *wavelet* pode ser melhor entendida conforme a FIGURA 10. São apresentadas divisões nos planos de frequência cujas áreas mínimas são determinadas pelo princípio da incerteza e todos os pontos dentro de cada caixa são representados por um valor da transformada. De acordo com o princípio da incerteza de Heisenberg, não é possível obter informações de boa resolução em ambos domínios do tempo e da frequência (KUMAR; FOUFOULA-GEORGIOU, 1997).

Na FIGURA 10a está apresentado o caso da análise de Fourier, nota-se que é possível obter com relativa precisão a localização da frequência, porém sem localização no tempo. Utilizando uma função janela para obter a localização no tempo associada à frequência, obtém-se o detalhamento apresentado na FIGURA 10b, referente à transformada janelada de Fourier, com divisões retangulares com mesmo tamanho e aspecto em todo o plano.

FIGURA 10 – COMPARAÇÃO TRANSFORMADA DE FOURIER, JANELADA DE FOURIER E WAVELET



FONTE: A autora (2020).

Por fim, a FIGURA 10c representa a transformada *wavelet*, semelhante à TJF tem divisões em todo o plano, porém com proporções diferentes. Componentes de alta frequência estão bem localizadas no tempo, porém a localização na frequência não é bem definida. Em contrapartida, componentes de baixa frequência não apresentam boa precisão no domínio do tempo, porém são bem definidas no domínio da frequência. Tendo isto, a TW possibilita escolher a combinação de detalhamento ideal para o sinal analisado.

Enquanto as análises baseadas em Fourier decompõem um sinal em séries de seno e cosseno com frequência constante, a TW decompõe sinais em diferentes subséries baseadas em uma função *wavelet* escalonada (dilatação e contração) e transladada. Uma função *wavelet*  $\psi$  pode ser descrita segundo equação (16) (DAUBECHIES, 1992):

$$\psi^{a,b}(t) = |a|^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (16)$$

onde  $a$  e  $b$  são os parâmetros de dilatação e translação, respectivamente. Dessa forma,  $a$  refere-se às alterações na forma da função e  $b$  ao deslocamento da função no eixo do tempo. Uma função *wavelet* deve ter suporte compacto, o que significa que ela deve ser diferente de zero apenas dentro de um intervalo finito de tempo.

Para uma função ser considerada *wavelet* devem ser atendidos os seguintes critérios (DAUBECHIES, 1990):

1. A função deve ter energia finita

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty \quad (17)$$

onde  $E$  é a energia da função e o operador módulo  $|\cdot|$  fornece a magnitude de  $\psi(t)$ . Caso  $\psi(t)$  seja uma função complexa, a magnitude deve considerar tanto a parcela real, quanto a complexa.

2. A área total sob a curva da função deve ser igual a zero.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (18)$$

3. Sendo  $\hat{\psi}(f)$  a TF de  $\psi(t)$ , conforme equação (19):

$$\hat{\psi}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) e^{-i\omega t} dt \quad (19)$$

então a função deve atender à condição de admissibilidade, apresentada na equação (20):

$$C_g = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\hat{\psi}(f)|^2}{f} df < \infty \quad (20)$$

onde  $C_g$  é a constante de admissibilidade, a qual varia em função da função base escolhida. Essa condição implica em uma função que não apresente componente com frequência zero.

4. Para funções  $\psi(t)$  a TF deve ser real e igual a zero para frequências negativas (ADDISON, 2002).

Funções que satisfazem a condição de admissibilidade são consideradas filtros passa-faixa ou passa-banda. Isso significa que, ao aplicar o filtro em um sinal, a saída são os componentes que estão dentro de um certo intervalo de frequência (passa-faixa) e em proporções caracterizadas pelo espectro de energia da *wavelet*. Portanto, ao variar a escala e deslocar a função base no tempo, a TW consegue captar componentes do sinal em todo seu espectro, sem necessariamente esperar que um sinal tenha uma banda de frequência específica, como a TF (GAO; YAN, 2006)

De modo geral, as análises *wavelet* podem ser divididas em contínuas e discretas. As análises contínuas são mais comumente aplicadas para determinar as componentes de frequência do sinal e como elas variam no tempo. Por outro lado, nas análises discretas uma série é decomposta em subséries determinísticas e um ruído, gerando várias análises temporais simultâneas (TORRENCE; COMPO, 1998).

A transformada *wavelet* contínua (TWC) pode ser escrita substituindo a função janela utilizada na TJF pelo conjugado complexo da função *wavelet*, conforme equação (21) (DAUBECHIES, 1992):

$$Wf(a, b) = \langle f, \psi^{a,b} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) |a|^{-1/2} \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt \quad (21)$$

onde  $\psi^*$  é o conjugado complexo de  $\psi$ , sendo igual  $\psi$  se a função é real. Com base na equação apresentada, pode-se interpretar a TWC como a soma sobre todo o domínio do tempo do sinal multiplicado por versões escalonadas e deslocadas da função *wavelet* escolhida. Esta é uma forma de medir a variação de  $f$  proporcional a  $a$  na vizinhança de  $b$  (MALLAT, 2009).

Uma simplificação comumente utilizada para a TWC é restringir  $a, b$  a valores discretos. Define-se a discretização do parâmetro de dilatação como  $a_0^m$ , onde  $m \in \mathbb{Z}$ , e fixado  $a_0 > 1$ . Por sua vez, a discretização de translação  $b$  é feita por múltiplos de  $b_0 > 0$ , sendo  $b_0$  escolhido de forma que  $\psi(t - nb_0)$  abranja todo o comprimento de  $t$  do sinal. A função *wavelet* discreta pode ser escrita conforme equação (22) (DAUBECHIES, 1992):

$$\psi_{m,n}(t) = a_0^{-m/2} \psi \left( \frac{t - nb_0 a_0^m}{a_0^m} \right) = a_0^{-m/2} \psi(a_0^{-m} t - nb_0) \quad (22)$$

onde  $m$  e  $n$  são inteiros, o primeiro associado às variações de escala e o segundo às variações de translação. Os valores de  $a_0$  e  $b_0$  devem ser escolhidos de acordo com a função *wavelet*  $\psi$  utilizada.

Em geral, a TWD é feita utilizando variação de escala e translação diática, ou seja, baseada em potências de 2 ( $a = 2^m$ , sendo  $m$  o nível de decomposição), isso elimina a redundância de informações obtidas com a TWC. Definindo  $a_0 = 2$  e  $b_0 = 1$ , a função *wavelet* pode ser descrita conforme equação (23) (DAUBECHIES, 1992):

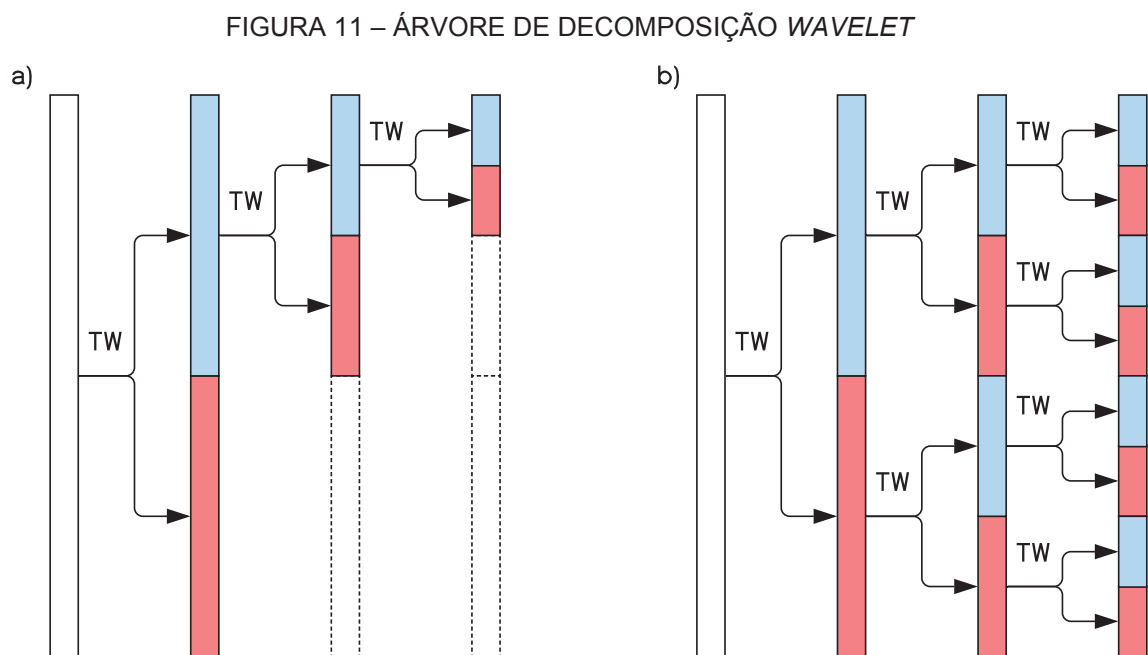
$$\psi_{m,n}(t) = 2^{-m/2} \psi(2^{-m} t - n) \quad (23)$$

O sinal é decomposto em coeficientes de aproximação (cA) por um filtro passa-baixa e em coeficientes de detalhes (cD) por um filtro passa-alta. A Análise de Multirresolução (MRA, em inglês) é uma representação hierárquica da DWT, na qual o sinal analisado é dividido ao meio a cada iteração em subséries de componentes de alta e baixa frequência (RHIF et al., 2019). Porém, apenas a parte de aproximação é decomposta em vários níveis, o que causa uma resolução relativamente baixa para componentes de altas frequências (HUANG et al., 2020).

Dessa forma, a cada nível de decomposição obtém-se uma melhor resolução da frequência e, simultaneamente, uma perda de resolução no domínio do tempo. Essa relação inversa entre a resolução no tempo e frequência é uma limitação associada ao princípio da incerteza de Heisenberg. Destaca-se ainda que a resolução é fortemente influenciada pela função base escolhida para a transformada (DAUBECHIES, 1992).

A transformada *wavelet packet* ou por pacotes *wavelet* (TWP) é uma generalização da TWD, a qual envolve um tipo de combinação linear de *wavelet*. Ao contrário da TWD, a TWP faz a decomposição do sinal utilizando tanto a parte de aproximação, quanto de detalhes em todos os níveis (ADDISON, 2002).

A decomposição por TWD e TWP está apresentada na FIGURA 11a e FIGURA 11b, respectivamente. Considerando o retângulo em branco mais à esquerda como o sinal original, são apresentados os níveis de decomposição onde a parcela em azul representa os coeficientes de aproximação e em vermelho os coeficientes de detalhes.



FONTE: A autora (2020).

Nota-se que a TWP resulta em diversas representações de um mesmo sinal, possibilitando análises mais específicas do que ao utilizar a TWD, pois utiliza-se a redundância de informações obtidas. Com a TWP é possível detectar e diferenciar elementos de curta duração e alta frequência presentes no sinal. Entretanto, essa

diferença tem um maior custo para o processamento, sendo a complexidade computacional da TWP  $O(N \log N)$ , enquanto a de TWD  $O(N)$  (SUNDARARAJAN, 2015).

Entre os métodos para análise de séries temporais, a análise de correlação e TF são as mais tradicionais. Entretanto, séries hidrológicas se desenvolvem em escala multitemporais e, comumente, apresentam comportamento não estacionário, o que não possibilita a aplicação de técnicas como essas que exigem condições específicas para resultados confiáveis. Isto posto, a TW ganhou espaço na hidrologia para diferentes finalidades (SANG, 2013).

Uma das aplicações da TW é para entender as características multitemporais das séries hidrológicas. Exemplo disso é o trabalho de Neves et al. (2016), no qual utilizaram TWC para analisar a variabilidade espaço-temporal de séries de níveis de água subterrânea de uma bacia.

Com base em *wavelet* também é possível identificar componentes determinísticas nos sinais. Pandey et al. (2017) utilizaram TWD para avaliar a tendência em séries de precipitação, comparando resultados da série original e das subséries decompostas. No trabalho de Du et al. (2019) são avaliados os impactos de eventos de precipitação extrema na vazão em escala anual e sazonal, aliando análise *wavelet* e o teste de tendência de Mann-Kendall. Da mesma forma, Hermida et al. (2015) avaliaram a tendência e periodicidade utilizando TW, porém a ideia principal era relacionar eventos de granizo com a precipitação registrada na bacia.

Essa mesma análise foi abordada pelo aspecto das mudanças climáticas no trabalho de Zhang et al. (2019). Os autores utilizaram *wavelet* para avaliar mudanças climáticas a partir da tendência presente em séries de temperatura, precipitação e vazão, correlacionando-as. Xiao et al. (2018), por sua vez, avaliaram características cíclicas da variação espaço-temporal de vazões sob influência de mudanças climática.

Juez; Nadal-Romero (2020) utilizaram a TWC para avaliar a resposta de uma bacia às variáveis hidroclimáticas da região. Com o estudo, foi possível notar como o uso e cobertura do solo controla a distribuição temporal de eventos de cheia em conjunto com a variabilidade e mecanismo físico do armazenamento de água em cada bacia. Com abordagem semelhante, diversos estudos relacionando a resposta de variáveis hidrológicas com anomalias climáticas, como os trabalhos desenvolvidos por Cao et al. (2019), Adarsh et al. (2016), Yu et al. (2020) e Santos et al. (2018).



A relação entre eventos do ENOS e as mudanças na precipitação utilizando *wavelet* foi feita por Baddoo et al. (2015). Concluíram que, para a região analisada, os eventos de EN tendem a diminuir a precipitação, enquanto eventos de LN aumentam, ambos os impactos foram notados com uma defasagem semianual a anual.

Ainda, a TW pode ser associada a modelos de simulação e previsão de modo a aprimorar o desenvolvimento temporal dos componentes de frequência observadas no processo original. Sang et al. (2015), Khan et al. (2020) e Abda et al. (2020) utilizaram TWD para decompor uma série e ajustaram modelos para cada escala de decomposição. Essa abordagem gerou resultados com melhor desempenho, comparado aos modelos ajustados com as séries originais. Sang (2013) e Rhif et al. (2019) apresentam outras aplicações da TW na hidrologia, como *denoising* e análise de complexidade de variáveis.

## 2 MÉTODOS

Considerando a abordagem teórica feita no capítulo anterior, a influência do fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) nas vazões afluentes às usinas hidrelétricas brasileiras foi avaliada com base na entropia de transferência (TE) e na transformada *wavelet*. Mais detalhes quanto ao método utilizado neste trabalho estão expostos nas seções subsequentes.

### 2.1 ANÁLISE DE ESTACIONARIEDADE

Para que seja possível fazer inferências sobre a população a partir de uma única distribuição de probabilidades é necessário garantir que a amostra apresente comportamento estacionário. Tanto as séries de vazões, quanto os índices do fenômeno ENOS utilizados para o cálculo de TE devem apresentar comportamento estacionário. Esta pode ser apontada como uma das limitações do método, pois, ao remover a tendência das séries, algumas informações relevantes sobre o comportamento do processo podem ser perdidas.

Fez-se a análise de estacionariedade e, ao identificar a existência de tendência, foram feitas transformações nas séries originais. Tal análise foi feita utilizando o teste de Mann-Kendall (MK) por ser um teste não-paramétrico e capaz de detectar tendências de longo termo. Embora o teste não exija a normalidade da série, a hipótese nula parte da premissa de que a série analisada é composta por variáveis independentes e identicamente distribuídas. Logo, as séries não podem apresentar estruturas significativas de correlação (BLAIN, 2013).

Calcula-se a estatística do teste conforme a equação (24),

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}[x_j - x_i] \quad (24)$$

onde  $n$  é o tamanho da amostra,  $i$  e  $j$  são os indexadores temporais da série e  $x$  é o valor assumido pela variável no instante de tempo. Em seguida, é calculada a variância da variável  $S$  conforme equação (25):

$$VAR[S] = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (25)$$

Por fim, a estatística do teste é padronizada assumindo seu valor final como apresentado na equação (26):

$$MK = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR[S]}} \rightarrow S > 0 \\ 0 \rightarrow S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR[S]}} \rightarrow S < 0 \end{cases} \quad (26)$$

A significância do valor obtido pode ser estimada pela função de distribuição normal acumulada, sendo valores positivos (negativos) de  $MK$  indicativos de tendências crescentes (decrescentes) nas séries.

Entretanto, em séries com autocorrelação de primeira ordem significativa, são necessárias técnicas que eliminem essa estrutura de dependência antes que o teste de MK seja aplicado. O *Trend-free pre-whitening* (TFPW), proposto por Yue et al. (2002), remove a componente de tendência e faz o processo de *pre-whitening* antes de efetivamente aplicar o teste.

Inicialmente, a estrutura de autocorrelação é analisada a partir da função de autocorrelação (FAC) da série com intervalo de confiança de 95%. Sabendo-se que uma série apresenta autocorrelação significativa, estima-se o coeficiente angular da reta de tendência com o estimador de Sen, dado pela equação (27):

$$c = \text{mediana} \left[ \frac{x_j - x_i}{j - i} \right] \forall i < j \quad (27)$$

Proposta por Sen (1968), a estimativa é não paramétrica, portanto, não é afetada pela distribuição de probabilidades marginal da série e é menos afetada por valores extremos, tornando-se um método robusto para estacionarização de uma série. Remove-se a tendência da série original conforme a equação (28) utilizando o valor encontrado com o estimador de Sen,

$$x_t^* = x_t - ct, \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (28)$$

Utilizando a série transformada, o valor do coeficiente de correlação ( $\rho_1$ ) de primeira ordem é computado e aplica-se a técnica de *pre-whitening* apresentada na equação (29) (KULKARNI; VON STORCH, 1992):

$$y_t^* = x_t^* - \rho_1 x_{t-1}^* \quad (29)$$

Esse processo garante que a série residual  $y_t^*$  seja independente em casos de dependência de primeira ordem. Eliminada a estrutura de dependência, a tendência anteriormente detectada pelo estimador de Sen é reinserida na série utilizando a equação (30),

$$y_t = y_t^* + ct, \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (30)$$

Só ao fim desse passo o teste de MK é aplicado, pois a série  $y_t$  conserva a tendência da série original, mas não apresenta o efeito da autocorrelação (YUE et al., 2002). Caso seja detectado comportamento não estacionário da série é feita a remoção de tendência com o estimador de Sen.

Neste trabalho, foi utilizado o pacote *pyMannKendall* desenvolvido por Hussain e Mahmud (2019), implementado em *Python* e com estimadores de onze versões do teste de MK.

## 2.2 CÁLCULO DA ENTROPIA DE TRANSFERÊNCIA (TE)

A entropia de transferência (TE) exige técnicas bem desenvolvidas por depender da definição baseada em dados finitos de distribuições de probabilidade. Além disso, a TE é formada por diferentes combinações de entropias diferenciais conjunta e marginal, o que gera espaços diferentes de amostragem utilizando as mesmas variáveis.

Um dos métodos comumente utilizados para variáveis contínuas são os estimadores de densidade por *kernel* (KDE) (PARZEN, 1962). Ele é obtido pela superposição de funções de *kernel*, centralizadas em cada um dos elementos de uma amostra, de forma que a estimativa depende da relação espacial entre o ponto analisado e os elementos da amostra. Este foi o método proposto por Schreiber (2000)

quando apresentou a definição de TE. No entanto, este é um método sensível a escolha do parâmetro, podendo gerar problemas relacionados à subamostragem quando utilizado um valor muito pequeno e, caso o valor do parâmetro seja muito grande, o KDE pode ignorar detalhes contidos na série (KRASKOV et al., 2004).

Uma alternativa ao KDE é o método dos vizinhos mais próximos (kNN), o qual se utiliza da mesma lógica que os estimadores por *kernel*, mas a estatística diz respeito às distâncias entre pontos vizinhos (COVER; HART, 1967). Pode ser explicado como um estimador por *kernel* com alcance variado, uma vez que o raio se altera para alcançar os  $K$  vizinhos de cada ponto. Utilizar um estimador kNN para estimar o valor de TE pode gerar erros muito grandes, pois a técnica seria aplicada para cada parcela da equação e a dimensionalidade de cada espaço pode variar muito. Fixar um valor  $K$  para todas as parcelas acaba gerando diferentes escalas espaciais para cada termo e, sendo o erro dependente do espaço adotado, os erros se acumulam durante a estimativa (WIBRAL et al., 2014).

O estimador Kraskov-Stögbauer-Grassberger (KSG) foi desenvolvido para calcular o valor de informação mútua para distribuições contínuas. Ao invés de tentar estimar as distribuições de probabilidade diretamente, como o estimador de *kernel*, o KSG utiliza a técnica de vizinhos mais próximos com algumas modificações (KRASKOV et al., 2004).

Para corrigir o erro do kNN, o algoritmo KSG faz com que os erros se cancelem parcialmente na estimativa de entropia conjunta e marginal. Um número  $K$  é fixado para o espaço de maior dimensão (distribuição conjunta), a máxima distância entre os pontos é projetada para o espaço de menor dimensão (distribuição marginal) e o número  $K$  da menor dimensão é escolhido de maneira que essa distância projetada seja a distância entre os pontos. Portanto o valor de  $K$  é diferente para as distribuições marginais e é obtido pela contagem de vizinhos próximos.

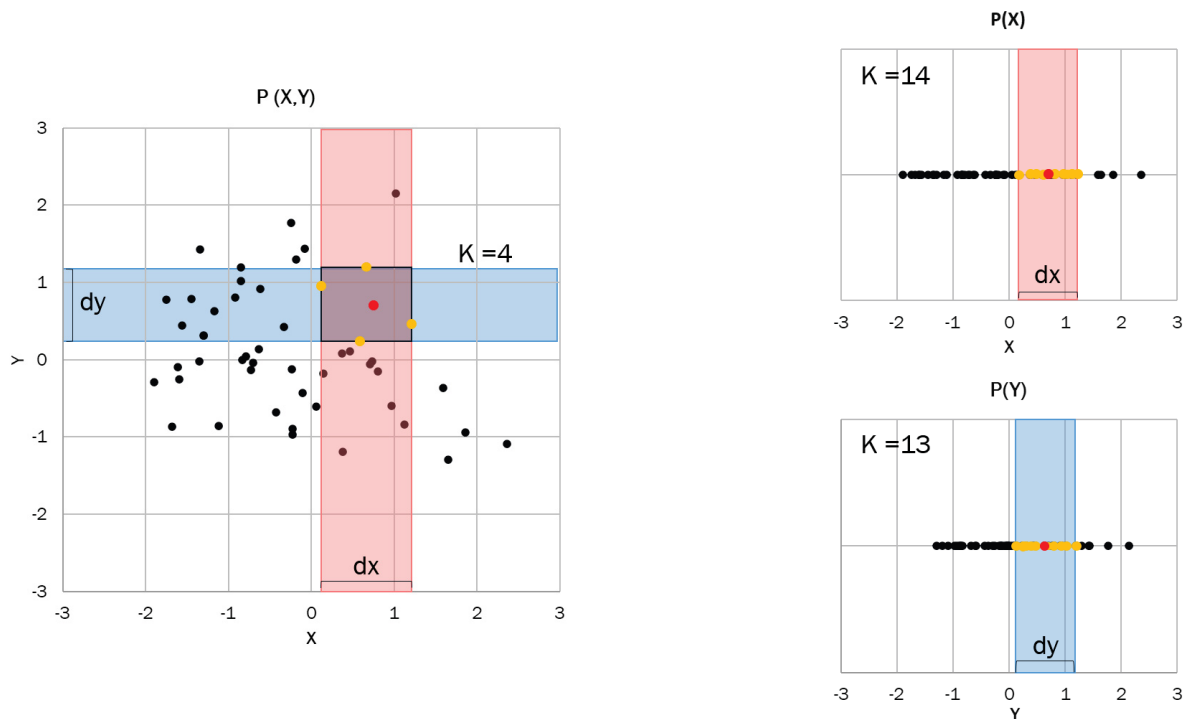
O KSG para TE é representado pela equação (31):

$$TE_{Y \rightarrow X}(u) = \Psi(K) - \frac{2}{K} + E \left\{ \Psi(n_{x_{t-1}}) - \Psi(n_{xx_{t-1}}) + \frac{1}{n_{xx_{t-1}}} - \Psi(n_{yx_{t-1}}) + \frac{1}{n_{yx_{t-1}}} \right\} \quad (31)$$

onde  $\Psi$  representa a função Digama e  $n_{(\cdot)}$  é a contagem dos pontos que estão dentro ou nas bordas ao redor de cada vetor em todos os espaços  $(\cdot)$  envolvidos.

Na FIGURA 12 está exemplificado como o estimador KSG atua. Considerando dois processos,  $X$  e  $Y$ , estão apresentados os espaços das distribuições conjunta  $P(X,Y)$  e marginais,  $P(X)$  e  $P(Y)$ . Como exemplo, o ponto a ser analisado está destacado em vermelho, é escolhido o número de vizinhos mais próximos  $K$  igual a quatro para estimar a distribuição conjunta das variáveis, definindo uma área  $dx dy$  de influência delimitada pelos pontos em amarelo. As distâncias  $dx$  e  $dy$ , bem como o ponto em vermelho, são rebatidos para os espaços  $P(X)$  e  $P(Y)$ , conforme pode ser observado à direita da figura, e o número de  $K$  vizinhos utilizados para estimativa das distribuições marginais é determinado pelo número de pontos que estão dentro dessa distância.

FIGURA 12 – ESTIMADOR KSG



FONTE: A autora (2020).

Dessa forma, o estimador KSG torna o parâmetro  $K$  do método kNN flexível para a estimativa de distribuições de probabilidade com dimensões diferentes, mas referentes às mesmas variáveis. Sendo este o único parâmetro, a eficácia de TE está diretamente relacionada com a estimativa de  $K$ .

O *JIDT*, ferramenta utilizada neste trabalho para a estimativa de TE, é um código em Java *stand-alone*, *open source* e que pode ser utilizado em outras linguagens. Nele estão implementadas medidas relacionadas à teoria da informação para a computação distribuída de sistemas complexos, como a estimativa de armazenamento, transferência e modificação da informação, utilizando o estimador KSG (LIZIER, 2014).

### 2.2.1 Estimativa do parâmetro $K$

Para o algoritmo KSG é necessário estabelecer o valor do parâmetro  $K$ , utilizado para estimar a probabilidade conjunta das variáveis. Kraskov et al. (2004) sugerem que o valor mínimo de  $K$  seja 4, independentemente do tamanho da amostra, e destacam que valores mais altos do parâmetro tendem a gerar erros estatísticos menores. Sendo  $N$  o tamanho da amostra, o tempo de processamento do algoritmo utilizado pelo *JIDT* pode ser expresso como  $O(KN \log N)$ , por isso valores maiores do parâmetro tornam o processo mais lento.

A definição do valor ótimo para o parâmetro  $K$  não tem um método estabelecido. Bossomaier et al. (2016) sugerem testar diferentes valores e analisar qual o menor valor de  $K$  que gera resultados mais estáveis de TE. Dessa forma é possível identificar o parâmetro que gerará valores mais confiáveis com o menor tempo de processamento.

Neste trabalho, foram testados valores de  $K$  entre 4 e 30 e encontrado o ponto em que os valores de TE tornam-se mais estáveis para cada um dos índices analisados. Por fim, definiu-se o parâmetro como o maior valor entre os encontrados para cada índice de forma a garantir valores confiáveis em todas as análises, sem variação do parâmetro.

### 2.2.2 Significância estatística

Em teoria, a TE é um valor não-negativo, entretanto, alguns valores obtidos são negativos ou indicam uma transferência que não existe. A explicação para isso é que são utilizadas amostras finitas de um processo e, ainda que se utilize um estimador com correção de viés dos seus resultados, existe uma flutuação estatística que aumenta a variância das estimativas. Dessa forma, deve-se descobrir se a TE



estimada é estatisticamente diferente de zero e implica em uma relação direta entre as variáveis (WIBRAL et al., 2014).

Para avaliar a significância estatística do valor, é aplicado um teste de hipóteses, partindo da hipótese nula ( $H_0$ ) de que não existe relação entre os processos analisados. Entretanto, este tipo de teste exige que se conheça a distribuição de probabilidades dos valores de TE que podem ser encontrados caso a hipótese nula esteja correta.

Bossomaier et al. (2016) sugerem que a distribuição de probabilidades de TE seja definida a partir de séries sintéticas do processo de origem ( $Y$ ). Pelo método da permutação, são geradas séries ( $Y^S$ ) que apresentam o mesmo comprimento e propriedades estatísticas que a série original – em especial a autocorrelação – porém, essas séries não apresentam relação com o processo destino ( $X$ ).

Em seguida, calcula-se a TE para todos os pares de variáveis ( $T_{Y^S \rightarrow X}^{(k,\ell)}$ ) e define-se a distribuição de probabilidades dos valores calculados. A significância estatística é determinada pelo percentil em que o valor de TE da série original ( $T_{Y \rightarrow X}^{(k,\ell)}$ ) está posicionado na distribuição de probabilidades. A decisão de rejeição ou não da hipótese nula se dá pela comparação com um valor limite pré-estabelecido ( $\alpha$ ), neste trabalho definido como 0,05.

## 2.3 ESCOLHA DO ÍNDICE E DEFASAGEM

Os valores estimados de TE entre os índices do ENOS e as séries de vazões são comparados de duas formas. Uma delas é feita entre os valores estimados a fim de definir a defasagem que maximize o valor de TE e indique um maior fluxo de informação entre os sistemas

A outra comparação é feita de forma a escolher o índice e sua respectiva defasagem que apresentasse o maior fluxo de informação com a série de vazões. Entretanto, para fazer a comparação entre os diferentes pares de variáveis são necessárias correções, pois a interação entre os processos pode apresentar dinâmicas diferentes. Uma das formas de correção é a normalização dos valores de TE pela taxa de entropia, conforme apresentado na equação (32), considerando a TE como uma fração do valor máximo que poderia ser obtido pela dinâmica de interação dos dois processos (GOURÉVITCH; EGGERMONT, 2007):

$$n_{T_{Y \rightarrow X}}^{(k, \ell)} = \frac{\hat{T}_{Y \rightarrow X}^{(k, \ell)} - E\{\hat{T}_{Y^S \rightarrow X}^{(k, \ell)}\}}{H'_X(t)} \quad (32)$$

onde, primeiramente, é removido o viés do valor de TE ao calcular a diferença entre o valor obtido para as séries originais e a média dos valores calculados para as séries geradas e normalizado pela taxa de entropia ( $H'_X$ ). Essa é uma forma de representar a fração de informação de  $X$  que não pode ser explicada pelo seu próprio passado, mas é explicada por  $Y$  em conjunto com o passado de  $X$ .

As comparações foram feitas apenas entre os valores de TE que o p-valor encontrado foi inferior ao nível de significância, rejeitando a hipótese nula. O objetivo é identificar o índice e sua respectiva defasagem que melhor expliquem o comportamento das séries de vazões.

## 2.4 DECOMPOSIÇÃO *WAVELET*

Os índices e defasagens determinados anteriormente para cada usina foram utilizados para analisar qual escala de decomposição melhor representa a influência do fenômeno nas vazões. A transformada *wavelet* discreta (TWD) foi aplicada para a decomposição dos sinais e séries de vazões utilizando o pacote *pywavelet* implementado em *Python* (LEE et al., 2019).

Para que os coeficientes obtidos na decomposição sejam considerados válidos, é necessário assumir duas hipóteses: a escolha da função *wavelet* base é adequada ao sinal e o nível de decomposição é consistente. Os métodos utilizados para as escolhas estão apresentados nas seções que seguem.

### 2.4.1 Funções *wavelet*

As funções utilizadas como base para a TW se apresentam com diversas formas e características que podem se adequar a determinadas aplicações. As diferenças estão ligadas a propriedades como a ortogonalidade, suporte, simetria, suavidade, número de momentos nulos, entre outras.

Em sua maioria, as famílias de *wavelet* são apresentadas em pares compostos de uma função *wavelet* e uma função escala. As funções *wavelet* ( $\psi$ ), também chamadas de *wavelet*-mãe, são utilizadas para obter os coeficientes de detalhes ou componentes de alta frequência do sinal. A função escala ( $\varphi$ ), ou *wavelet*-pai, obtém coeficientes de aproximação do sinal. Quando essas duas funções são ortogonais a transformada preserva a energia do sinal e tem a mínima redundância de informação (GOSWAMI; CHAN, 2010).

O suporte de uma função está relacionado com a convergência a zero quando o tempo ou a frequência tende ao infinito, é o que permite a localização no domínio do tempo para sinais unidimensionais. Uma função é considerada de suporte compacto quando a maior parte da energia está restrita a um intervalo finito e igual a zero fora desse intervalo. Quanto maior o suporte, maior a resolução da frequência, porém perde-se resolução temporal.

Outra propriedade relevante é a simetria da função utilizada para decomposição, isso porque funções simétricas evitam distorções na reconstrução do sinal. A reconstrução perfeita de um sinal também está associada à suavidade da função, sendo maior a probabilidade de reconstrução perfeita proporcional à suavidade da função.

Por sua vez, a suavidade da função está relacionada com o número de momentos nulos de uma função. O momento de uma função é calculado conforme equação (33),

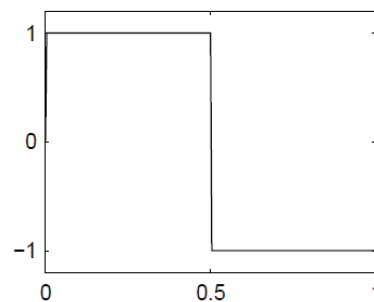
$$M(n) = \int t^n \psi(t) dx \quad (33)$$

onde  $n$  é a ordem do momento da *wavelet*  $\psi(t)$ , um momento nulo implica em  $M(n) = 0$ . O número de momentos nulos pode ser considerado a propriedade mais importante de uma função *wavelet*, pois pode-se impor a nulidade para os  $n$  primeiros momentos e criar diferentes funções a partir da mesma base.

Cabe destacar que quanto maior o número de momentos nulos, melhor é a compressão do sinal, porém implica no aumento do tamanho suporte da função. Essa relação é resultado das restrições impostas às *wavelet* ortogonais que implicam que, se  $\psi$  tem  $N$  momentos nulos, então o tamanho do suporte será no mínimo  $2N - 1$  (MALLAT, 2009).

A *wavelet* de Haar é o exemplo mais simples de função *wavelet* e uma das poucas que apresenta expressão explícita. Tem suporte compacto ortogonal, a função escala é simétrica e a *wavelet* antissimétrica com apenas um momento nulo, sendo esta a função com menor suporte. Conforme pode ser observado na FIGURA 13, a função *wavelet* apresenta descontinuidade e não é indicada para análise de sinais muito suaves (MALLAT, 2009).

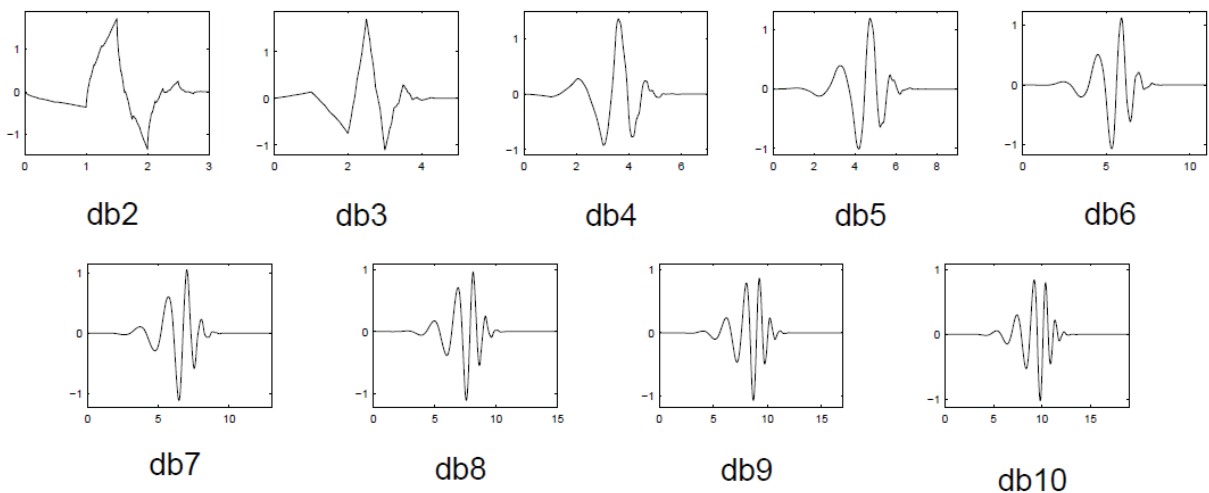
FIGURA 13 – FUNÇÃO WAVELET DE HAAR



FONTE: Misiti et al. (2020).

A *wavelet* de Daubechies foram criadas para atingir um determinado número de momentos nulos com o mínimo suporte. Dessa forma, esta família de funções tem como características suporte compacto e não apresentam suavidade, portanto não diferenciáveis. São comumente representadas como dbN, onde N refere-se ao número de momentos nulos, sendo db1 igual a *wavelet* de Haar. O comportamento da *wavelet* de Daubechies pode ser observado na FIGURA 14, as funções não são simétricas, porém a assimetria é mais acentuada em algumas funções (DAUBECHIES, 1992).

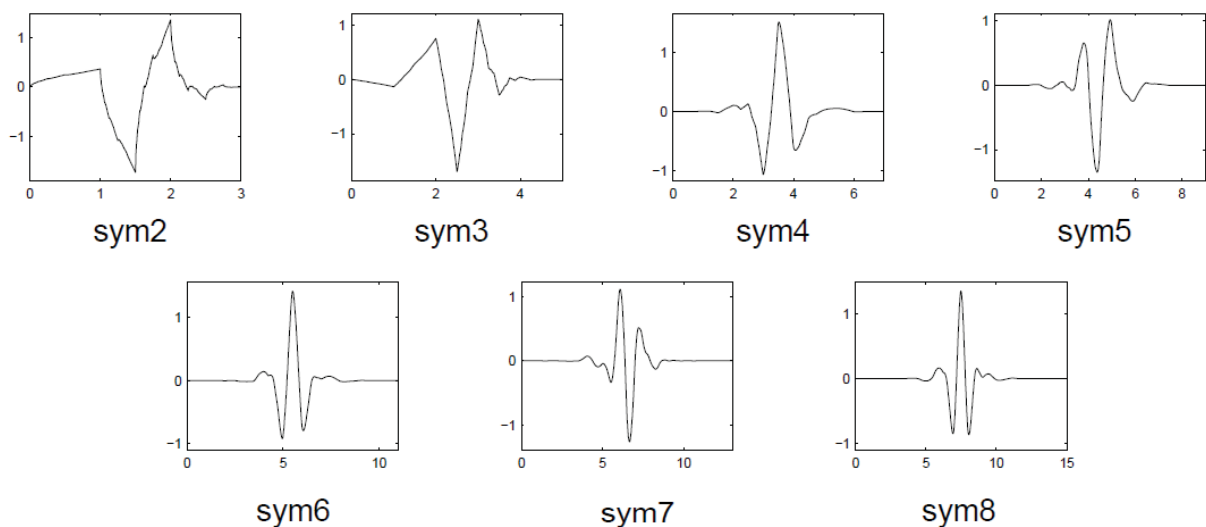
FIGURA 14 – FUNÇÕES WAVELET DA FAMÍLIA DAUBECHIES



FONTE: Misiti et al. (2020).

Com intuito de obter funções mais simétricas, a família Symlets ( $\text{symN}$ ) foi desenvolvida a partir de uma modificação da Daubechies mantendo as demais propriedades das funções. Alguns exemplos de funções Symlets estão apresentados na FIGURA 15 (DAUBECHIES, 1992).

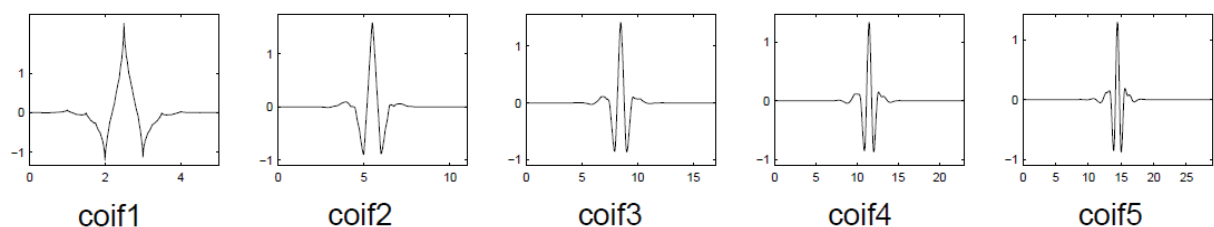
FIGURA 15 – FUNÇÕES WAVELET DA FAMÍLIA SYMLETs



FONTE: Misiti et al. (2020).

A família de Coiflets ( $\text{coifN}$ ) apresenta as mesmas propriedades das Symlets, com a diferença de que a função escala também apresenta momentos nulos. As funções dessa família apresentam maior simetria comparada às Symlets, como pode ser observado na FIGURA 16.

FIGURA 16 – FUNÇÕES WAVELET DA FAMÍLIA COIFLETs

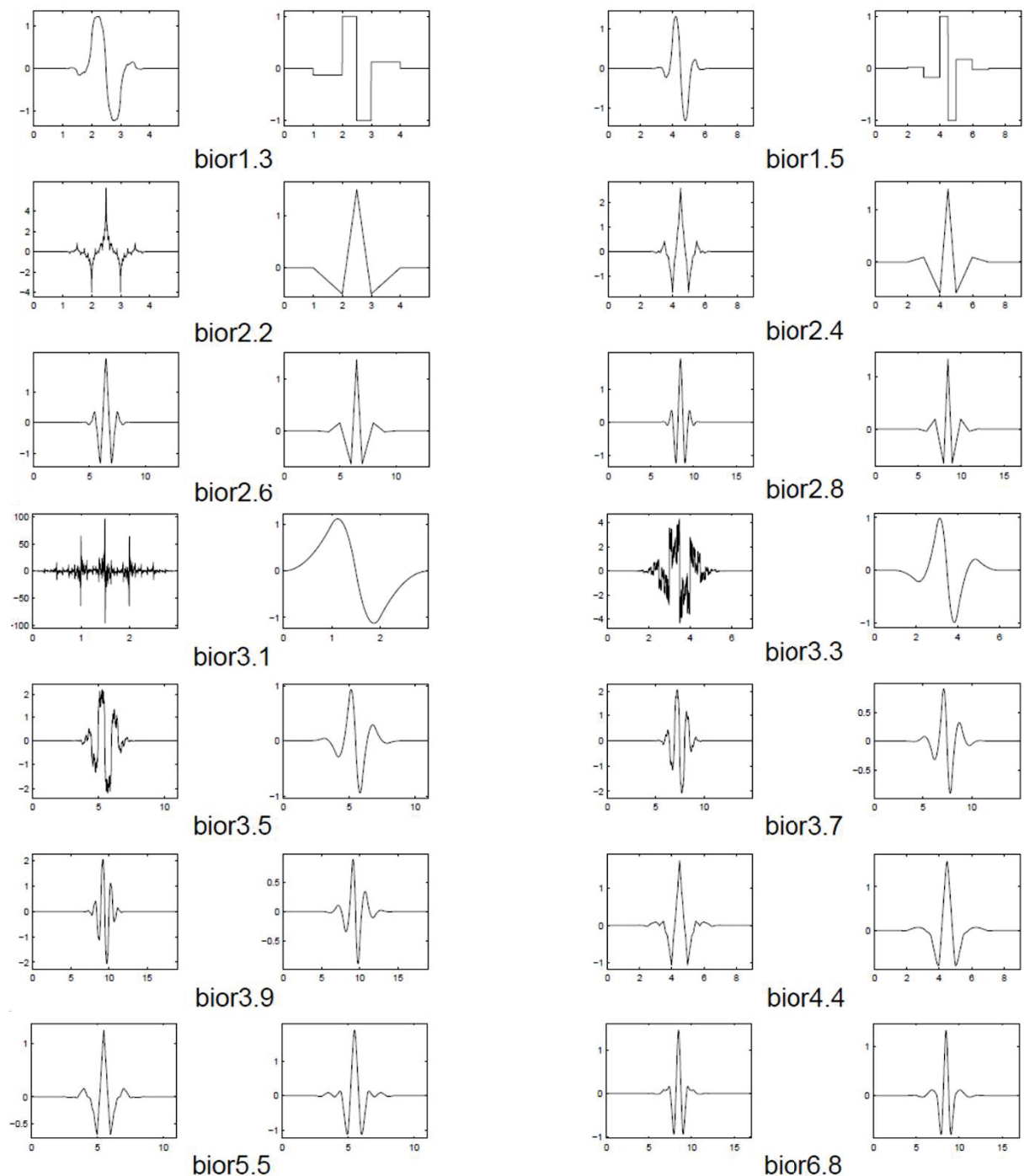


FONTE: Misiti et al. (2020).

A família Biortogonal ( $\text{bioNr.Nd}$ ) é caracterizada pelo uso de funções distintas para decomposição e recomposição tanto funções *wavelet*, quanto escala. As funções

são simétricas e o número de momentos nulos da função de recomposição e decomposição são representados como  $N_r$  e  $N_d$ , respectivamente. A família Biortogonal reversa (rbioNr.Nd) utiliza os mesmos pares de funções da Biortogonal, porém com finalidades inversas de decomposição e recomposição. A FIGURA 17 mostra alguns pares de funções da família Biortogonal.

FIGURA 17 – FUNÇÕES WAVELET DA FAMÍLIA BIORTOGONAL



FONTE: Misiti et al. (2020).

As famílias de funções e suas propriedades apresentadas estão resumidas na TABELA 3.

TABELA 3 – PROPRIEDADE DAS FUNÇÕES WAVELET UTILIZADAS

Propriedade	Haar	dbN	symN	coifN	bioNr.Nd	rbioNr.Nd
Regularidade arbitrária		X	X	X	X	X
Suporte compacto ortogonal	X	X	X	X		
Suporte compacto biortogonal					X	X
Simetria	X				X	X
Assimetria		X				
Simetria aproximada			X	X		
Número arbitrário de momentos nulos		X	X	X	X	X
Momentos nulos para $\phi$				X		
Existência de $\phi$	X	X	X	X	X	X
Análise ortogonal	X	X	X	X		
Análise biortogonal	X	X	X	X	X	X
Reconstrução exata	X	X	X	X	X	X
Expressão explícita	X				Para <i>splines</i>	Para <i>splines</i>

FONTE: Adaptado de Misiti et al. (2020).

As funções *wavelet* testadas neste trabalho para a decomposição das séries de vazões e índices estão apresentadas na TABELA 4.

TABELA 4 – FUNÇÕES WAVELET TESTADAS

Função	N/Nr.Nd
Haar	-
Daubechies (db)	2 a 38
Symlets (sym)	2 a 20
Coiflets (coif)	1 a 17
Biortogonal (bio)	1.1, 1.3, 1.5, 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.1, 3.3, 3.5, 3.7, 3.9, 4.4, 5.5 e 6.8
Biortogonal reversa (rbio)	1.1, 1.3, 1.5, 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.1, 3.3, 3.5, 3.7, 3.9, 4.4, 5.5 e 6.8

FONTE: A autora (2020).



### 2.4.2 Escolha da função *wavelet*

Um dos principais conceitos da análise de um sinal utilizando *wavelet* é a similaridade entre o sinal e a função escolhida. Neste trabalho, utilizou-se o método baseado em medidas informacionais apresentado por He et al. (2015) para a escolha da função *wavelet* utilizada como base para a decomposição das séries.

Esse critério considera a capacidade de decomposição da função *wavelet* e a similaridade entre os coeficientes das decomposições do sinal e o próprio sinal. Sendo  $\tilde{S}(n) = [\tilde{s}_0, \tilde{s}_1, \dots, \tilde{s}_N]$  o sinal a ser decomposto e  $C(n) = [c_0, c_1, \dots, c_N]$  os coeficientes *wavelet* da decomposição do sinal na escala  $j$ , pode-se medir a energia dos coeficientes como:

$$E_{energia}(c) = \sum_{i=1}^N |c(j, i)|^2 \quad (34)$$

onde  $c(j, i)$  representa o  $i$ -ésimo coeficiente *wavelet* no  $j$ -ésimo nível de decomposição do sinal  $\tilde{S}_n$ .

Para avaliar a capacidade de decomposição do sinal, é calculada a relação entre a energia e a entropia de Shannon dos coeficientes. A entropia pode ser calculada segundo equação (35):

$$E_{entropia}(c) = - \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i \quad (35)$$

sendo  $p_i$  referente a distribuição de probabilidade de energia dos coeficientes, dada como:

$$p_i = \frac{|c(i)|^2}{E_{energia}(c)} \quad (36)$$

Nota-se que a entropia terá um valor grande quando todos os coeficientes tenham valores muito próximos e a energia do sinal apresentar distribuição aproximadamente uniforme. Essas características indicam o comportamento de uma

série de ruído, muitas vezes não sendo tão interessante para a análise de sinal. Portanto, busca-se minimizar o valor de entropia dos coeficientes de forma a obter o máximo de informação com poucos coeficientes (COIFMAN; WICKERHAUSER, 1992).

A partir disso, pode-se calcular a razão energia-entropia de Shannon, conforme equação (36):

$$E_R = \frac{E_{energia}}{E_{entropia}} \quad (37)$$

A função *wavelet* base mais indicada é aquela que maximiza a razão energia-entropia. Além desse critério, são utilizados outros que abordam comparação informacional de forma a identificar a base que decompõe o sinal de maneira mais similar possível.

É calculada a entropia conjunta ( $E_{conj}$ ), condicional ( $E_{cond}$ ) e informação mútua ( $I$ ), conceitos já apresentados anteriormente, além da entropia relativa ( $E_{rel}$ ). A entropia relativa, também chamada de divergência de Kullback-Leibler, é uma medida informacional dada pela equação (38):

$$D(p||q) = \sum_{x \in \Omega_x} p(x) \log_2 \left( \frac{p(x)}{q(x)} \right) \quad (38)$$

Pode-se interpretar o resultado como a quantidade de informação que se perde quando se utiliza a distribuição de probabilidade  $q(x)$  para representar uma série com distribuição de probabilidade  $p(x)$  ou simplesmente como a diferença não simétrica entre as duas distribuições (BOSSOMAIER et al., 2016).

Os conceitos de entropia foram combinados para gerar um índice de entropia de comparação informacional ( $I_C$ ), conforme a equação (39):

$$I_C = \frac{I(\tilde{S}; C)}{H(\tilde{S}, C) \times H(C|\tilde{S}) \times D(\tilde{S}||C)} = \frac{I}{E_{conj} E_{cond} E_{re}} \quad (39)$$

onde  $I$ ,  $E_{conj}$ ,  $E_{cond}$  e  $E_{re}$  são, respectivamente, a informação mútua, entropia conjunta, condicional e relativa do sinal  $\tilde{S}$  e os coeficientes  $C$ .

Quanto maior o valor de  $I_C$ , mais adequada é a base para decomposição do sinal. Por fim, a razão energia-entropia foi combinada com a entropia de comparação informacional para formar o critério abrangente de entropia ( $E_{com}$ , em tradução livre para *comprehensive entropy criterion*), apresentado na equação (40),

$$E_{com} = E_R I_C \quad (40)$$

Esse índice sintetiza a capacidade de decomposição da base e a similaridade entre coeficientes e sinal. Calculou-se o critério para todas as funções base testadas e foi escolhida a base que apresentou o maior valor de  $E_{com}$ .

#### 2.4.3 Nível de decomposição

O nível de decomposição das séries foi determinado de forma que seja escolhido o nível máximo onde pelo menos um coeficiente não seja corrompido pelos efeitos de borda causado pela extensão do sinal. Para isso, foi utilizada a equação (41) (LEE et al., 2019),

$$J_{m\acute{a}x} = \left\lfloor \log_2 \left( \frac{N}{N_W - 1} \right) \right\rfloor \quad (41)$$

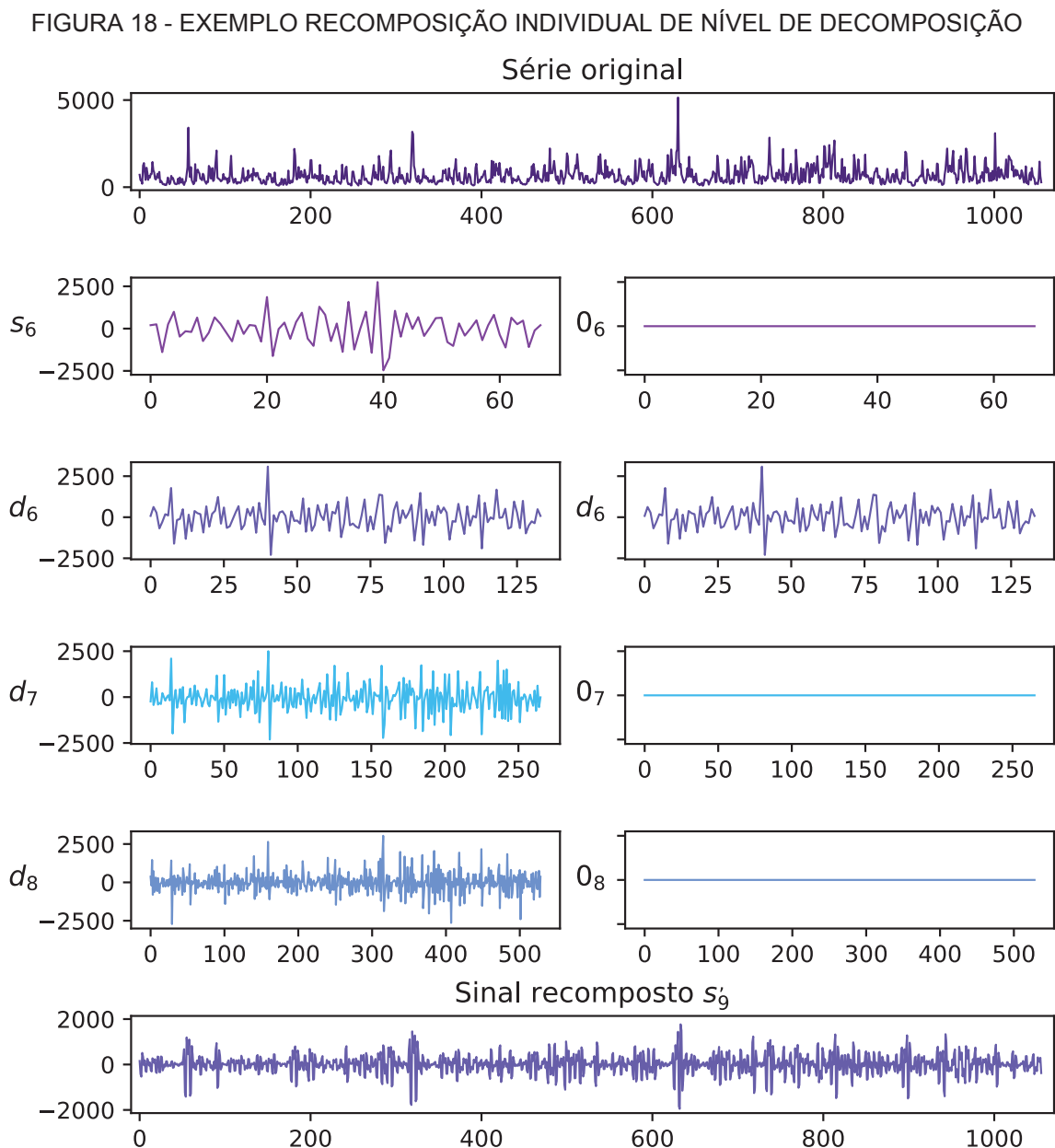
sendo  $N$  o tamanho do sinal,  $N_W$  o tamanho do filtro de decomposição associado à função *wavelet* analisada e  $J_{m\acute{a}x}$  o nível máximo de decomposição. É possível decompor o sinal em mais níveis do que os encontrados, porém torna-se redundante com informações tendendo a zero.

#### 2.5 CÁLCULO DA INFORMAÇÃO MÚTUA (MI)

A transformada discreta *wavelet* (TWD) gera uma série de coeficientes menor do que o tamanho da série original, os quais não têm uma interpretação muito simples. Para melhor entender o comportamento de cada escala ao longo da série, faz-se a recomposição individualmente de cada nível com a mesma função *wavelet* utilizada para a decomposição (JENSEN; LA COUR-HARBO, 2001).

Sendo  $s_6$ ,  $d_6$ ,  $d_7$  e  $d_8$  os níveis de decomposição do sinal  $s_9$ , substitui-se todos os níveis por uma série de zeros de mesmo tamanho, com exceção de um, e o sinal é recomposto. Um exemplo da recomposição individual dos modos está apresentado na FIGURA 18.

Tomando como exemplo a recomposição do modo  $d_6$ , os modos  $s_6$ ,  $d_7$  e  $d_8$  são substituídos por  $0_6$ ,  $0_7$  e  $0_8$ , respectivamente, sendo  $0_x$  uma sequência de zeros de tamanho igual ao modo substituído. Com a transformada inversa, são recompostos  $0_6$ ,  $d_6$ ,  $0_7$  e  $0_8$  em um sinal  $s'_9$  o qual contém todas as informações dos coeficientes da terceira escala de decomposição.



FONTE: A autora (2020).

Com o objetivo de identificar o modo do índice que tem maior influência no respectivo modo da série de vazões, calculou-se a MI entre as vazões e índices, considerando os resultados de TE. Partindo da hipótese nula de que não há informação mútua entre as séries, a comparação entre os valores foi feita apenas entre os resultados com o p-valor maior ou igual a 0,05.

#### 2.5.1 Estimativa do parâmetro $K$

Para o cálculo da MI também se utilizou o estimador KSG e, portanto, foi necessário estimar o parâmetro  $K$ . Foram testados valores para o parâmetro entre 4 e 30, e escolhido o valor a partir do qual os valores de MI se estabilizam.

#### 2.5.2 Significância estatística

Os valores encontrados para MI devem ser avaliados de acordo com sua significância estatística. Semelhante ao processo feito para a significância estatística de TE, assume-se uma hipótese nula ( $H_0$ ) de que as duas séries analisadas não apresentam informação mútua e testada com base na distribuição de probabilidades de MI definida a partir de séries sintéticas de uma das séries. A decisão de rejeição ou não da hipótese nula foi feita a partir da comparação com um valor limite pré-estabelecido ( $\alpha$ ) de 0,05.

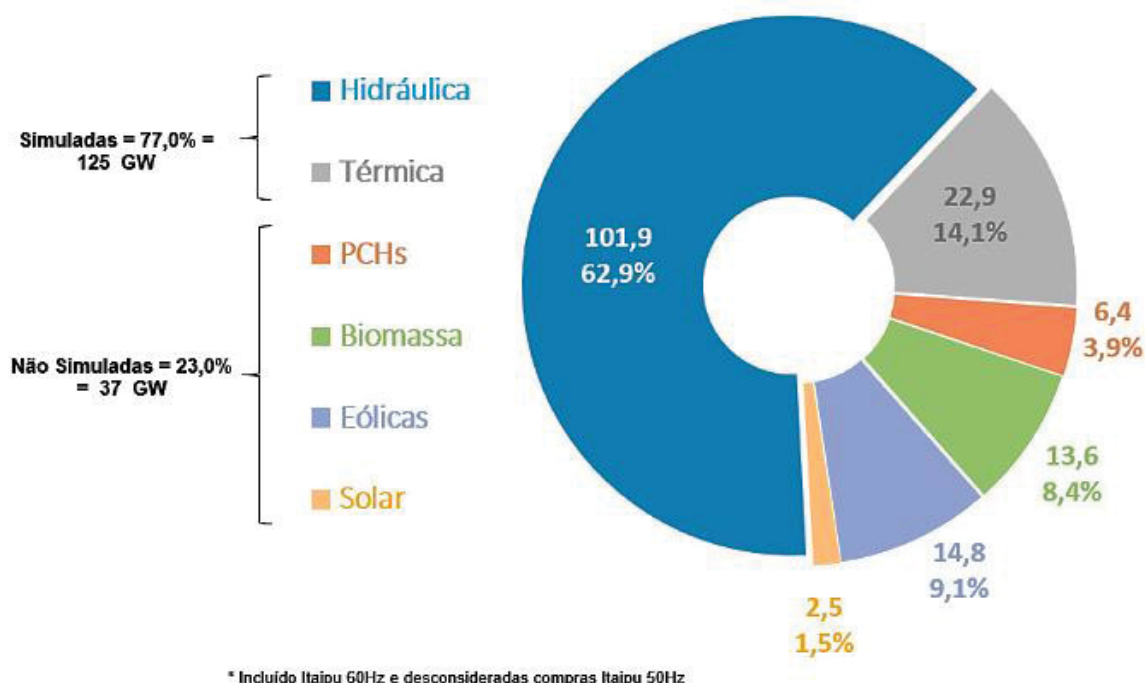
### 3 ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

Neste capítulo é desenvolvido o estudo de caso, caracterizando a área de estudo e as séries de vazões e índices utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Além disso, são apresentados os resultados obtidos com base nos métodos apresentados.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema hidro-termo-eólico de geração e transmissão de energia elétrica em todo o território brasileiro. Com 162 GW de capacidade instalada de geração, o SIN apresenta predominância de usinas hidrelétricas somando 101,9 GW (62,9%) (ONS, 2020). A FIGURA 19 apresenta a proporção de cada uma das fontes geradoras que compõem o sistema.

FIGURA 19 – CAPACIDADE INSTALADA POR MATRIZ ENERGÉTICA EM 2019



FONTE: ONS (2020).

O SIN é composto por quatro subsistemas – Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Norte e Nordeste – que abrangem a maior parte do país. A FIGURA 20 mostra os estados inseridos em cada um dos sistemas, vale destacar que apenas o estado de Roraima não está conectado ao SIN e sua demanda é atendida por sistemas isolados.

FIGURA 20 – SUBSISTEMAS E USINAS DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL



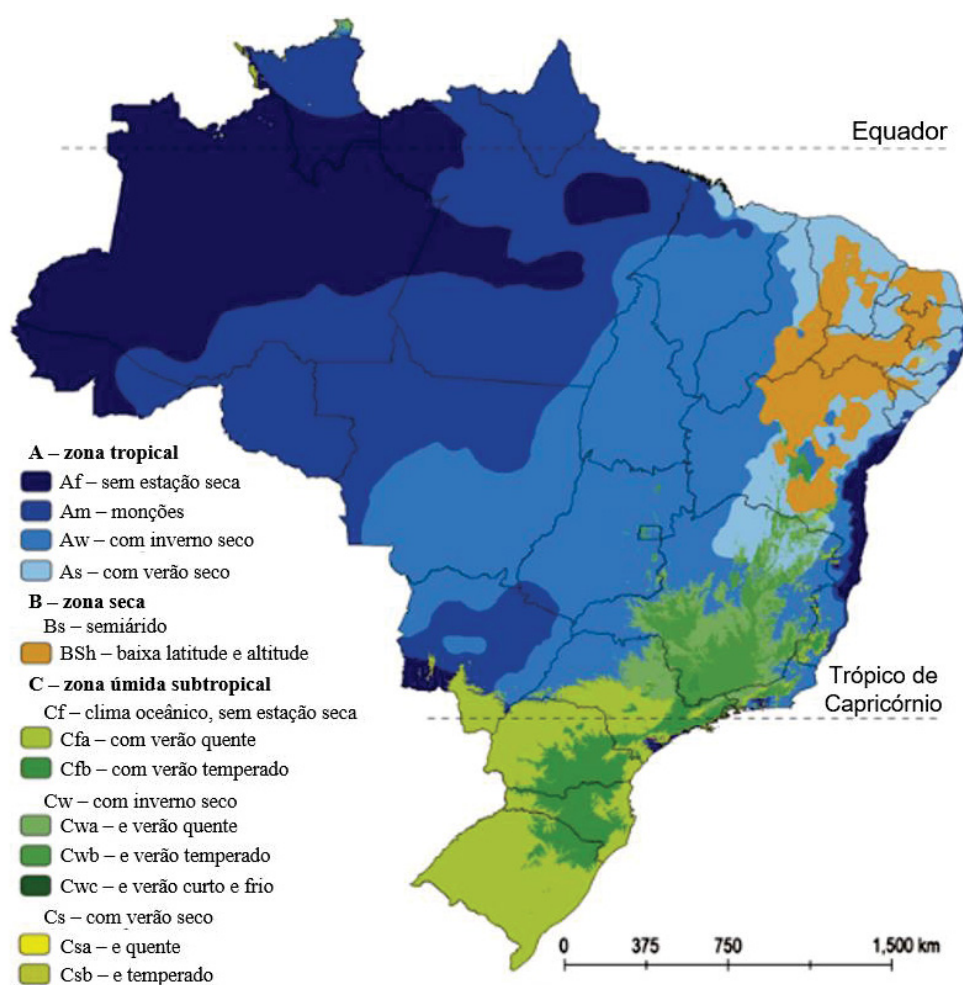
FONTE: A autora (2020).

Como pode ser observado na FIGURA 21, o clima do Brasil pode ser dividido em três zonas: tropical, seca e úmida subtropical. A zona tropical abrange as regiões Norte, Centro-Oeste e partes do Sudeste e Nordeste, caracterizado por duas estações bem demarcadas apresentando forte sazonalidade. Na região mais central do Nordeste predomina o clima semiárido, com verões quentes e invernos de quentes à



frios, mas com precipitação escassa e mal distribuída ao longo do ano. Por fim, a região Sul e parte da região da Sudeste estão na zona úmida subtropical, este é o clima mais frio entre os observados no país sem uma estação seca bem definida, tendo precipitações constantes e bem distribuídas ao longo do ano (BECK et al., 2018).

FIGURA 21 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA O BRASIL



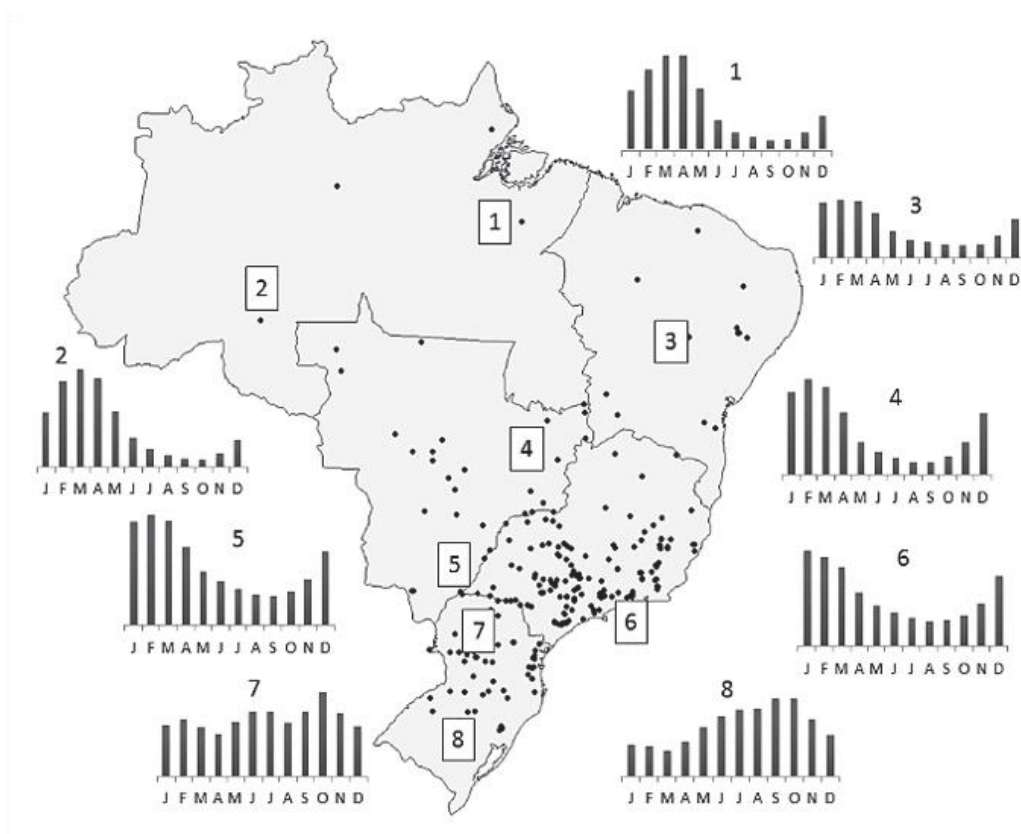
FONTE: Adaptado de Alvares et al. (2013).

De forma a melhor aproveitar as afluições, é comum que usinas hidrelétricas sejam construídas em locais mais distantes dos centros de consumo, o que justifica a extensa malha de transmissão existente. A abrangência territorial do sistema incorpora uma grande variabilidade climática e, consequentemente, hidrológica, gerando escassez ou excedentes de produção em determinadas estações. Assim, a

interligação entre os subsistemas permite o intercâmbio de energia para suprir a demanda mesmo em períodos críticos de determinadas regiões.

Essa variabilidade hidrológica está bem representada na FIGURA 22, destacando os diferentes regimes hidrológicos observados no país. Em alguns períodos essas diferenças são contrastantes, por exemplo, as usinas analisadas na região Norte registram as vazões mínimas entre os meses de setembro e outubro, mesmo período em que as máximas vazões são registradas na região Sul. Além disso, é possível notar como as vazões médias na usina localizada na região Nordeste são pequenas comparadas às outras regiões, enquanto o Sul registra vazões bem distribuídas ao longo do ano.

FIGURA 22 – HISTOGRAMA DE VAZÕES MÉDIAS



FONTE: Detzel et al. (2014).

### 3.2 DADOS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizadas séries de vazões naturalizadas em escala mensal. Disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), as séries de vazões naturalizadas referem-se à vazão no curso de água sem os efeitos de barramentos e quaisquer intervenções que possam interferir no processo natural. Essas séries são obtidas com a combinação de observação hidrológica e elementos do balanço hídrico.

Foram escolhidas as usinas mais relevantes para o planejamento de geração do sistema, totalizando em 148 séries de vazões mensais do período entre 1931 e 2018. A lista de usinas selecionadas é apresentada no APÊNDICE A.

A fim de avaliar a relação entre o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) e as vazões afluentes às usinas hidrelétricas que compõem o SIN, foram selecionados nove índices disponibilizados pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Os índices foram selecionados de forma a avaliar tanto aqueles que consideram apenas uma componente do fenômeno, quanto os bivariados.

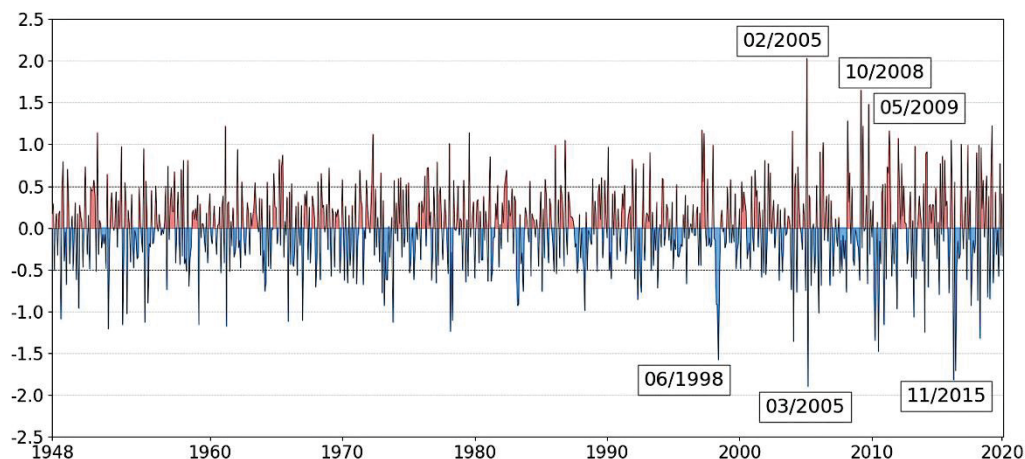
Entre os índices obtidos a partir da componente oceânica, foram utilizados o *Oceanic Niño Index* (ONI), o *Trans-Niño Index* (TNI) e as anomalias da temperatura da superfície do mar observadas nas quatro regiões do Oceano Pacífico (NINO1+2, NINO3, NINO3.4 e NINO4). O *Southern Oscillation Index* (SOI), obtido pelo método de Troup, foi o único índice referente exclusivamente à componente atmosférica utilizado. Por fim, os índices bivariados utilizados foram o *Multivariate ENSO Index* (MEI) e o *Bivariate El-Niño – Southern Oscillation Index* (BEST).

Inicialmente, buscou-se avaliar graficamente o comportamento das séries históricas dos índices. Embora não exista um limite pré-estabelecido para todos os índices, convencionou-se utilizar anomalias de 0,5 (- 0,5) para indicar a ocorrência de eventos de El Niño (La Niña). Nas próximas imagens estão apresentadas as séries utilizadas, onde a cor vermelha indica eventos quentes (El Niño) e azul representa os eventos frios (La Niña).

Na FIGURA 23 está apresentada a série histórica do *Bivariate ENSO Timeseries* (BEST). Nota-se que os valores máximos não correspondem aos principais eventos conhecidos, como os EN de 1983, 1997 e 2014, apenas o evento de LN de 1998 pode ser identificado na série. Além disso, nota-se a alternância entre

o valor máximo e mínimo de toda a série em meses consecutivos, mas não é possível identificar um padrão.

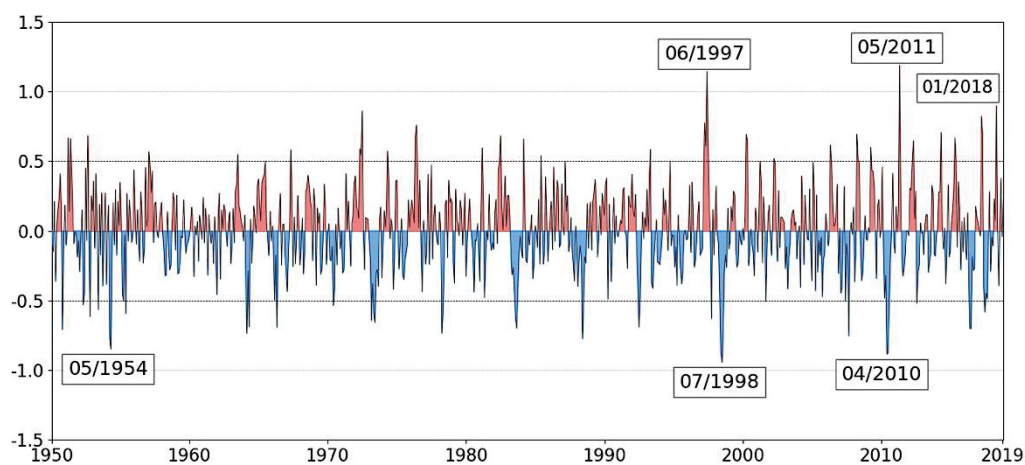
FIGURA 23 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE BEST



FONTE: A autora (2020).

Na FIGURA 24 está apresentada a série histórica do *Multivariate ENSO Index* (MEI). Assim como o índice anterior, também não tem valores definidos, mas convencionalmente se utiliza o 0,5 de anomalia para delimitar eventos. É possível notar que o MEI se apresenta como uma série menos ruidosa quando comparado ao BEST e de menor amplitude.

FIGURA 24 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE MEI

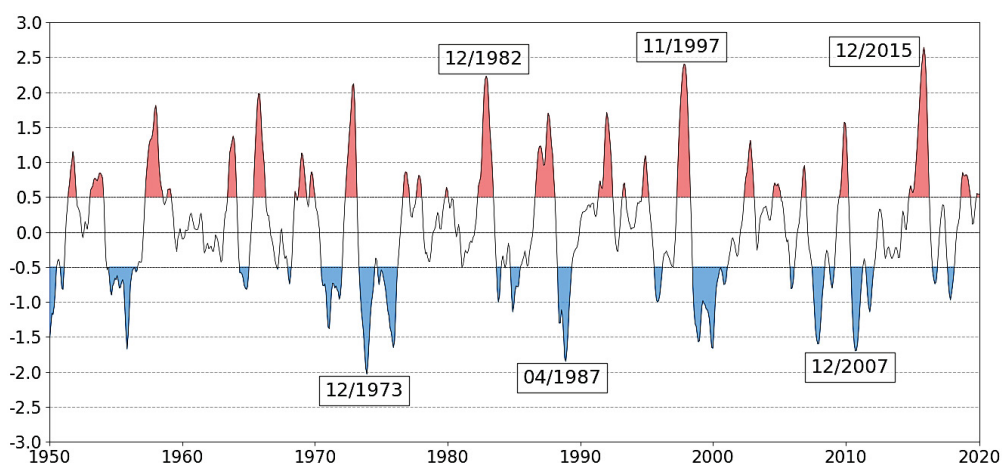


FONTE: A autora (2020).

A alternância entre um evento quente e um evento frio em anos consecutivos no final da década de 1990 foi bem representada, embora apresente um ano de defasagem em relação aos eventos conhecidos (EN de 1998 e LN de 1999). Os outros valores extremos não são reconhecidos como eventos relevantes.

A série histórica do *Oceanic Niño Index* (ONI) está apresentada na FIGURA 25. Para este índice, só é classificado como um evento de EN (LN) caso sejam registrados por três meses consecutivos anomalias acima (abaixo) de 0,5 (-0,5). Diferente dos índices anteriores, o ONI representa bem os eventos de EN mais conhecidos (1983, 1998 e 2015), mas com a defasagem de alguns meses de antecedência. Nota-se que, com exceção de um deles, os valores extremos foram detectados entre os meses de novembro e dezembro, período relacionado com a ocorrência dos eventos de EN e LN.

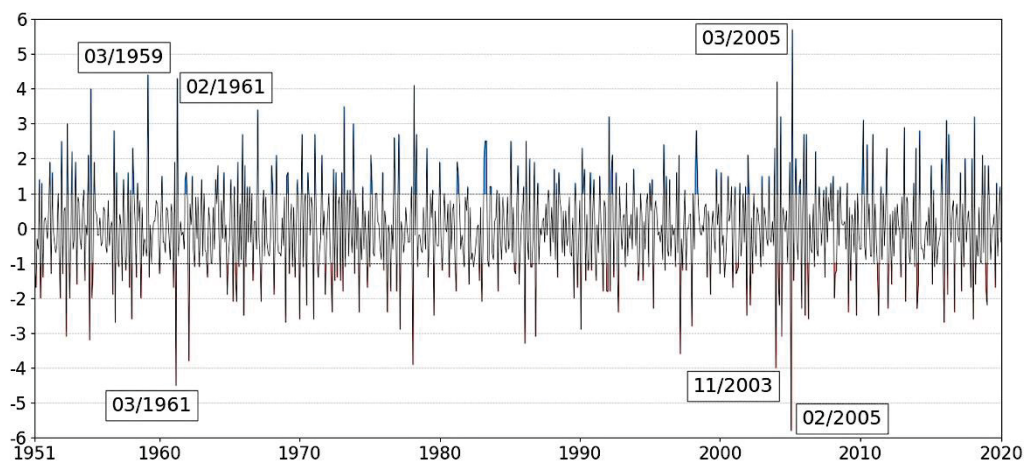
FIGURA 25 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE ONI



FONTE: A autora (2020).

A FIGURA 26 apresenta a série histórica do *Southern Oscillation Index* (SOI). Vale destacar que o SOI é o único índice que as fases são invertidas, então anomalias positivas representam eventos de LN e negativas de EN. A série apresenta oscilação maior e com maior frequência comparada aos outros índices, os valores extremos não correspondem a eventos conhecidos.

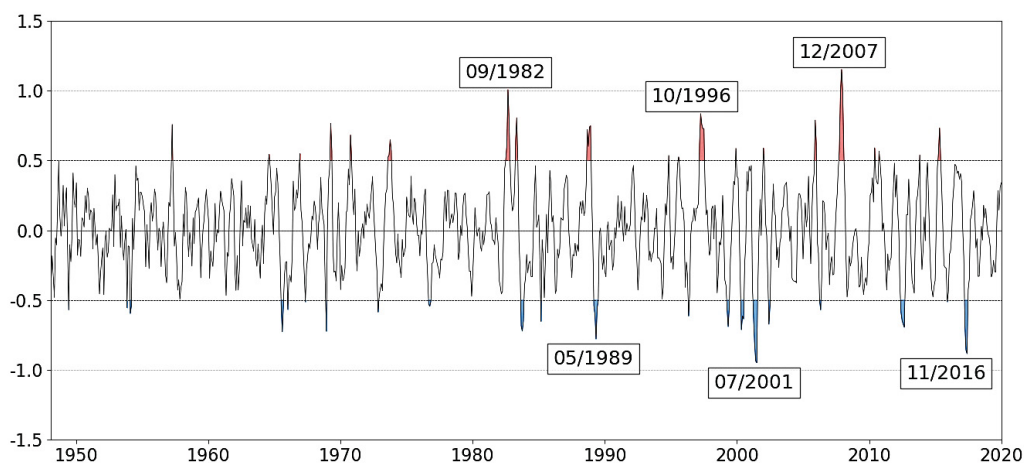
FIGURA 26 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE SOI



FONTE: A autora (2020).

A série histórica do *Trans-Niño* Index (TNI) está apresentada na FIGURA 27. O que mais chama atenção nesta série é a detecção de poucos eventos ao longo do tempo. Entretanto, eventos mais conhecidos como os EN de 1983 e 1997 podem ser relacionados com os valores máximos ainda que defasados. O evento de LN de 1989, por outro lado aparece como um dos extremos.

FIGURA 27 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE TNI



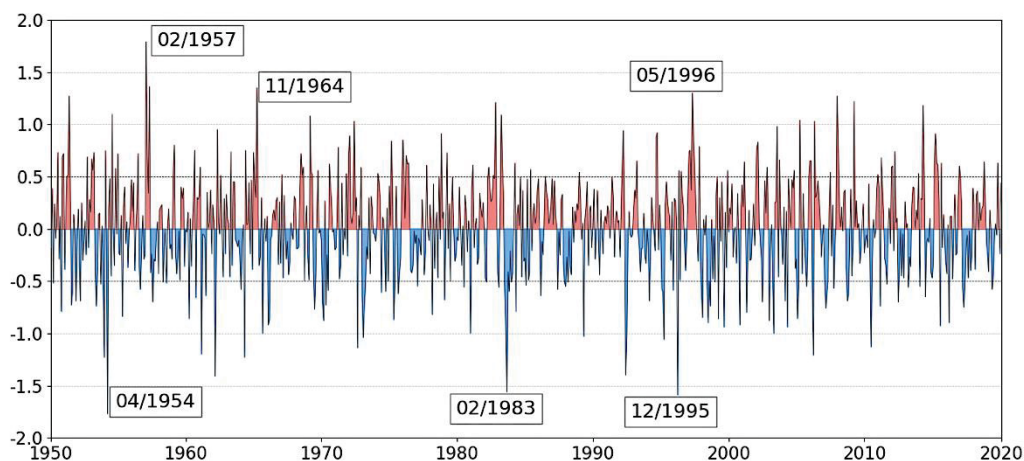
FONTE: A autora (2020).

Na FIGURA 28 está apresentada a série do índice NINO 1+2, o qual representa a média das anomalias registradas nas regiões NINO 1 e 2. Não foram



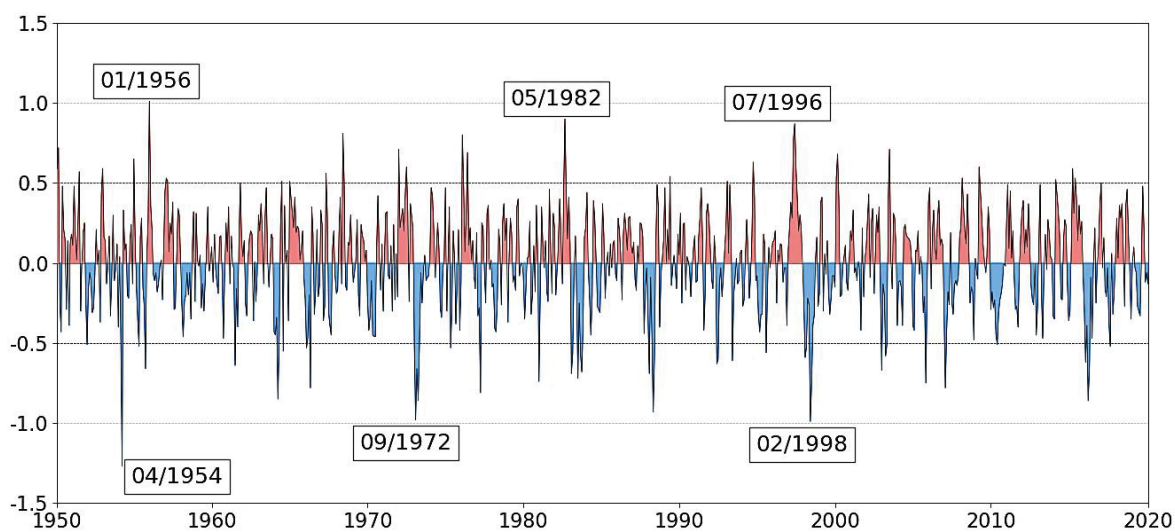
encontrados valores que pudessem ser significativos para representar a relação entre as anomalias detectadas na região e os eventos mais relevantes do fenômeno.

FIGURA 28 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 1+2



FONTE: A autora (2020).

FIGURA 29 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 3



FONTE: A autora (2020).

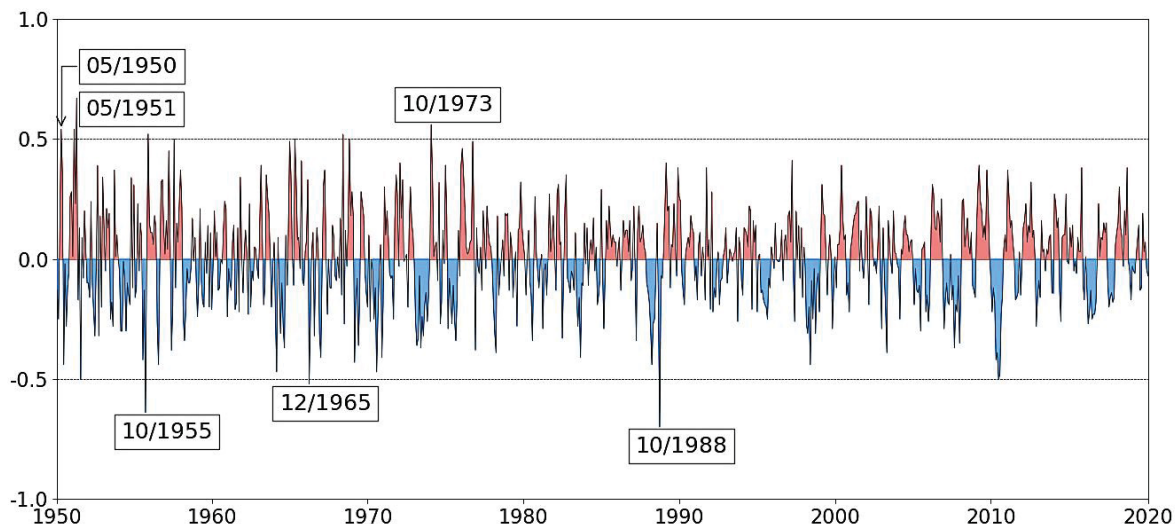
A série histórica das anomalias de TSM registradas na região denominada NINO 3 está representada na FIGURA 29. Os valores destacados da fase quente aconteceram em períodos próximos a eventos conhecidos, porém a defasagem não apresenta um padrão claro.

Na FIGURA 30 está representada a série histórica de anomalias registradas na região denominada NINO 4. Comparada com as séries históricas das outras regiões NINO, esta é a que apresenta maior oscilação, entretanto nota-se que as



oscilações diminuíram ao longo do tempo. Os valores extremos registrados não permitem fazer uma relação direta a eventos do fenômeno.

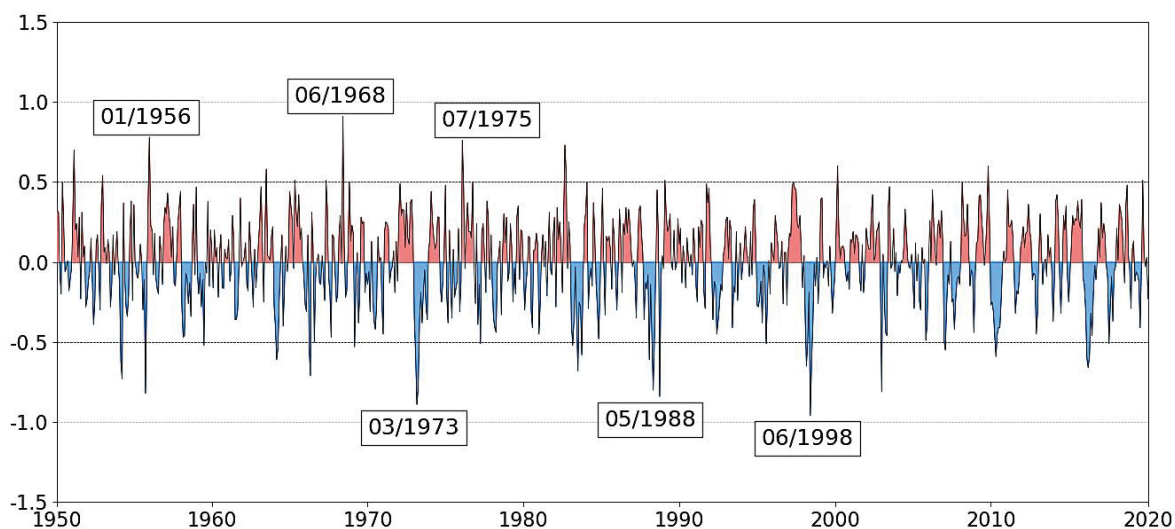
FIGURA 30 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 4



FONTE: A autora (2020).

Por fim, a FIGURA 31 apresenta a série histórica da média das anomalias das regiões 3 e 4, denominada NINO 3.4. Embora os picos de anomalia negativa coincidam com eventos de LN, os eventos de EN não são muito bem representados. Por ser medido uma região central, esse índice representa o gradiente de temperaturas no Pacífico Tropical e isso explica a série ser menos ruidosa que as séries de outras regiões.

FIGURA 31 – SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE NINO 3.4



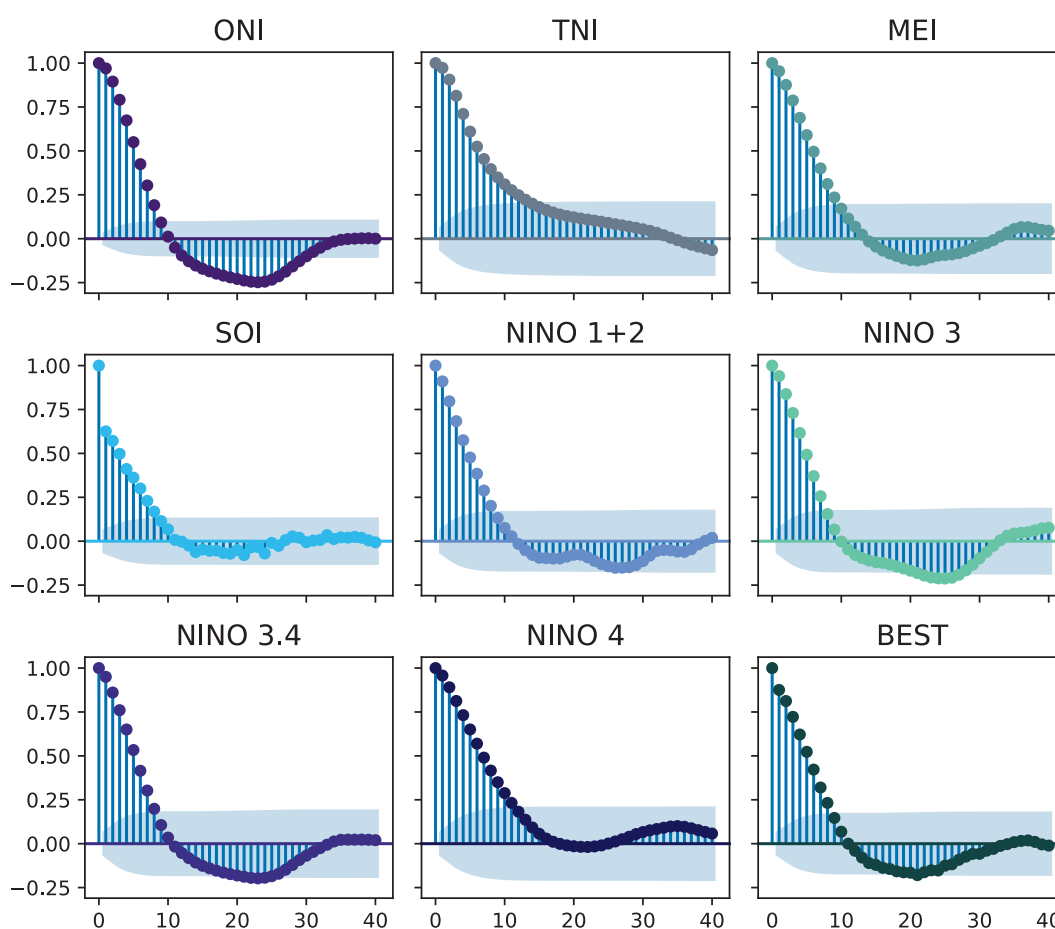
FONTE: A autora (2020).

Com essa análise é possível notar a importância de utilizar mais do que um índice para definir os eventos do ENOS, pois nenhuma das séries apresentou uma boa descrição de eventos de ambas as fases. Além disso, a interpretação dos índices das regiões NINO deve ser feita abrangendo as quatro regiões, pois auxilia na detecção do desenvolvimento espacial das fases.

### 3.3 ANÁLISE DE ESTACIONARIEDADE

A fim de escolher a variação do teste de Mann-Kendall (MK) a ser aplicado, foi analisada a função de autocorrelação (FAC) das séries. Identificou-se uma estrutura significativa de autocorrelação nas séries, conforme pode ser observado na FIGURA 32. Por essa razão foi utilizada a variação do teste de MK que incorpora a técnica de TFPW para detecção de tendências nas séries.

FIGURA 32 – GRÁFICO DA FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO DOS ÍNDICES



FONTE: A autora (2020).

Na TABELA 5 estão apresentados os resultados obtidos para as séries históricas dos índices utilizados, indicando a existência ou não de tendência e o p-valor associado ao resultado. Com exceção do ONI, todos os índices apresentaram tendência em suas séries e a maioria ascendente. Cabe destacar que o SOI adota sinais inversos para as fases, portanto apenas o TNI indica tendências para eventos frios.

TABELA 5 – RESULTADOS TESTE DE TENDÊNCIA PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DOS ÍNDICES ENOS

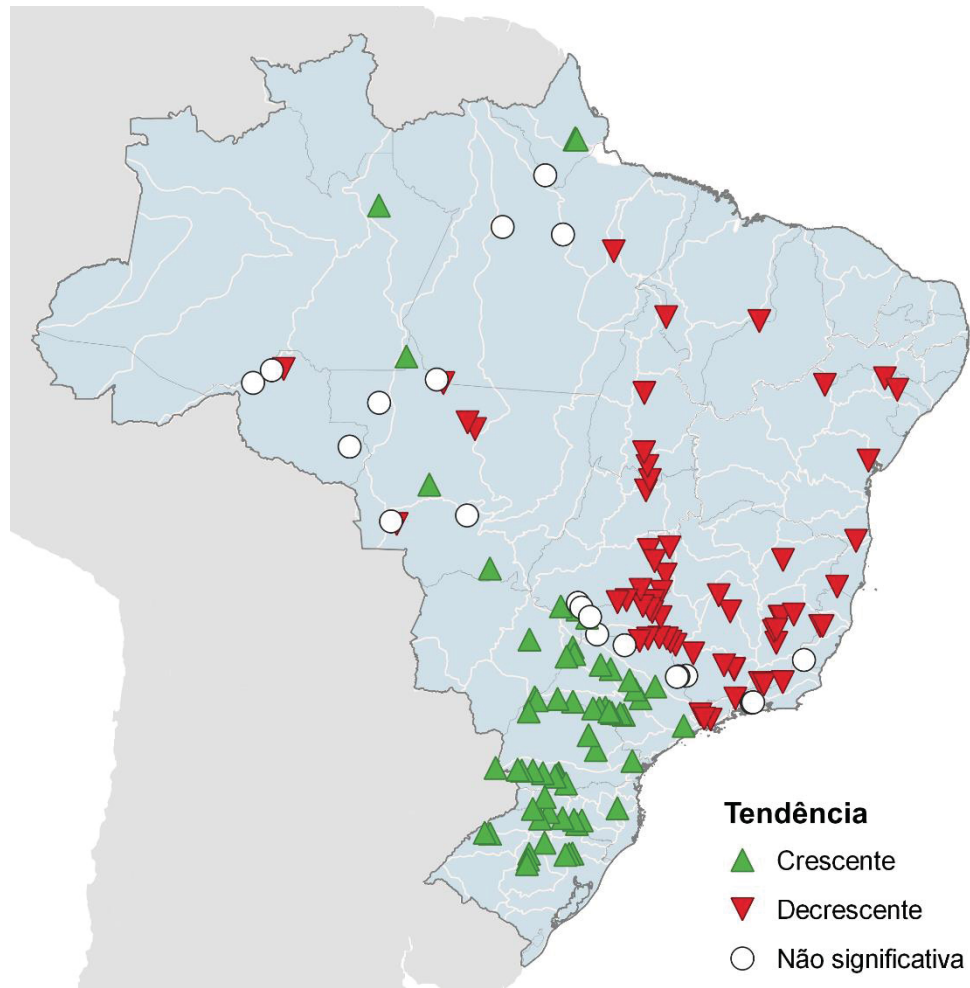
Índice	Tendência	p-valor
ONI	Não detectada	0.809
TNI	Descendente	0.000
MEI	Ascendente	0.000
SOI	Descendente	0.046
NINO12	Ascendente	0.000
NINO3	Ascendente	0.000
NINO34	Ascendente	0.000
NINO4	Ascendente	0.000
BEST	Ascendente	0.000

FONTE: A autora (2020).

A mesma abordagem foi feita para detectar tendência nas séries de vazões e os resultados obtidos em um mapa apresentado na FIGURA 33. Destacam-se duas regiões principais, a região Sul e parte do estado de São Paulo apresentam tendência crescente na série, enquanto a porção norte da região Sudeste e a região Nordeste apresentam tendência decrescente.

Na sub-bacia do rio Madeira, localizada na região de Rondônia, apenas uma das seis usinas apresentou tendência, as demais apresentaram o comportamento estacionário. As usinas instaladas na região do rio Xingu e rio Jari também apresentaram comportamento estacionário.

FIGURA 33 - MAPA DE TENDÊNCIAS NAS SÉRIES DE VAZÕES



FONTE: A autora (2020).

### 3.4 ENTROPIA DE TRANSFERÊNCIA (TE)

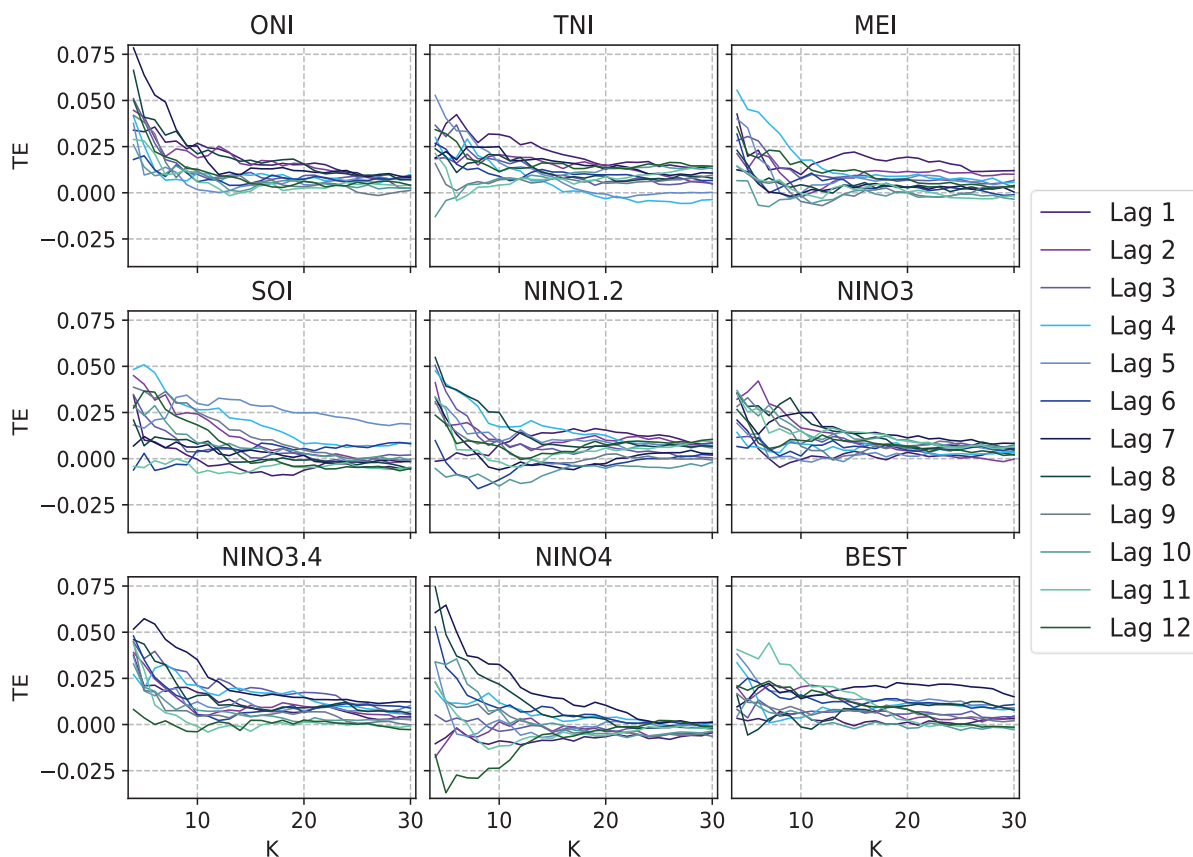
Utilizando as séries analisadas anteriormente, foram estimados valores de TE entre cada um dos postos e os índices, considerando defasagens entre um e 12 meses. Os resultados obtidos estão apresentados nas próximas seções.

#### 3.4.1 Estimativa do parâmetro $K$

O estimador KSG, utilizado para as estimativas de TE, exige a entrada de um único parâmetro que representa o número de vizinhos próximos utilizados para definição da distribuição de probabilidades conjunta. Com base no método sugerido por Kraskov et al. (2004), a estimativa foi feita na análise de resultados para diferentes números de  $K$  e escolhido o menor valor que atendesse a todos os índices.

Para essa análise, estimou-se a TE entre os índices e a série de vazões naturalizadas afluentes à UHE Foz do Areia. A FIGURA 34 apresenta os resultados de TE obtidos para com valores de  $K$  entre 4 e 30, e defasagem de até doze meses.

FIGURA 34 - RESULTADOS OBTIDOS NO TESTE DO PARÂMETRO  $K$  PARA TE



FONTE: A autora (2020).

Nota-se que para todos os índices, as estimativas de TE tornam-se menos dispersas com o aumento do valor do parâmetro  $K$ . A partir da análise gráfica dos resultados e da série de valores, adotou-se o valor de 16 para o parâmetro  $K$  de forma a atender a estimativa de todos os índices, sem comprometer o tempo computacional do estimador.

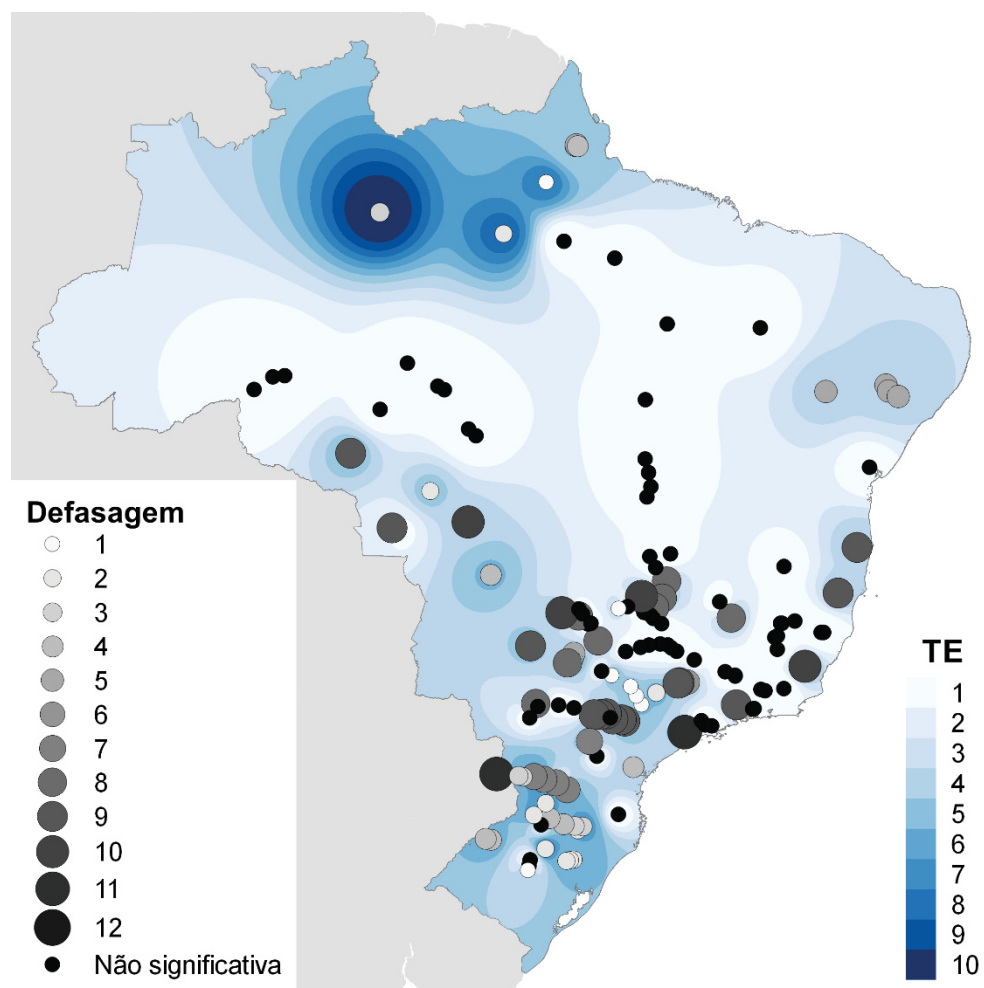
### 3.4.2 Escolha do índice e defasagem

Com as séries e o parâmetro definido, estimou-se a TE considerando o fluxo de informação do fenômeno ENOS (processo origem) para as séries de vazões (processo destino). Foram escolhidos a combinação de índice e defasagem que

apresentasse maior transferência de informação entre os processos, os resultados estão apresentados em dez mapas, sendo nove deles para avaliar a defasagem de cada índice e o último para mostrar a combinação que maximiza a TE. Os valores de TE apresentados no mapa estão normalizados pela taxa de entropia.

A FIGURA 35 apresenta um mapa com a melhor defasagem do índice BEST encontrada para cada posto. Destaca-se que entre os postos analisados 75 deles não apresentaram relação significativa com o índice. Na sub-bacia do rio Tietê, em São Paulo, a influência do índice é maior com a defasagem entre um e dois meses. Para as usinas localizadas no rio Paranapanema, a defasagem de nove meses mostrou-se a que maximiza os valores de TE. Na cascata do rio Iguaçu, os valores estão dispersos, sendo a melhor defasagem de sete meses no início e no trecho final a melhor defasagem é de três meses. Isso além de um dos postos apresentar seu máximo na defasagem de cinco meses.

FIGURA 35 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE BEST

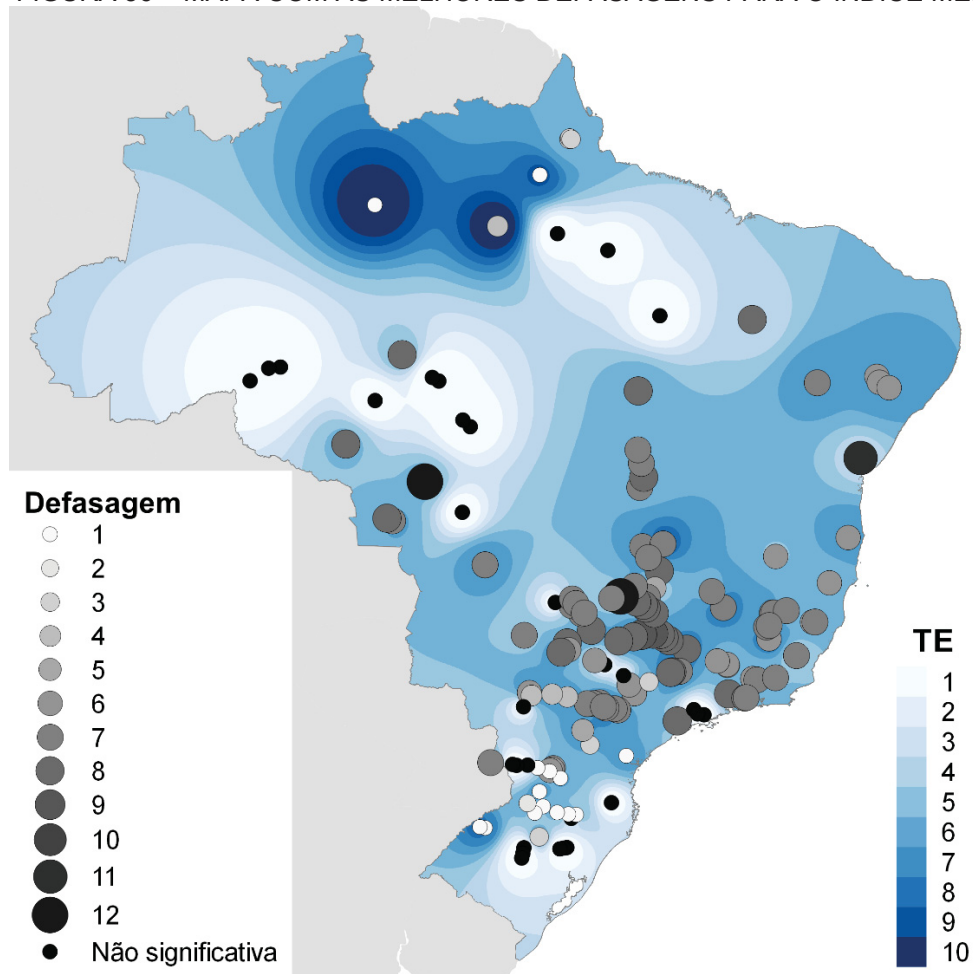


FONTE: A autora (2020).

O rio Pelotas e seus afluentes apresentam defasagens entre dois e quatro meses, bem como os afluentes do rio Guaíba, ao sul do país. Na região nordeste, o rio São Francisco apresenta maior influência com a defasagem de cinco meses. As UHEs localizadas na região norte apresentaram maior fluxo de informação com defasagens entre um e três meses. A região central do país não apresenta um padrão muito claro de influência do índice BEST, as melhores defasagens para máxima TE na região variaram entre um e dez meses.

Os resultados obtidos para o máximo valor de TE do índice MEI estão expostos na FIGURA 36. Para este índice, os valores de defasagem ótima encontrados apresentaram um padrão espacial mais claro e poucas usinas não apresentaram relação significativa com o índice. As UHEs instaladas nas regiões sul e extremo norte do país apresentaram maior relação com o índice ao considerar defasagens menores, entre um e três meses, com exceção das usinas no rio Jordão, Paraná.

FIGURA 36 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE MEI



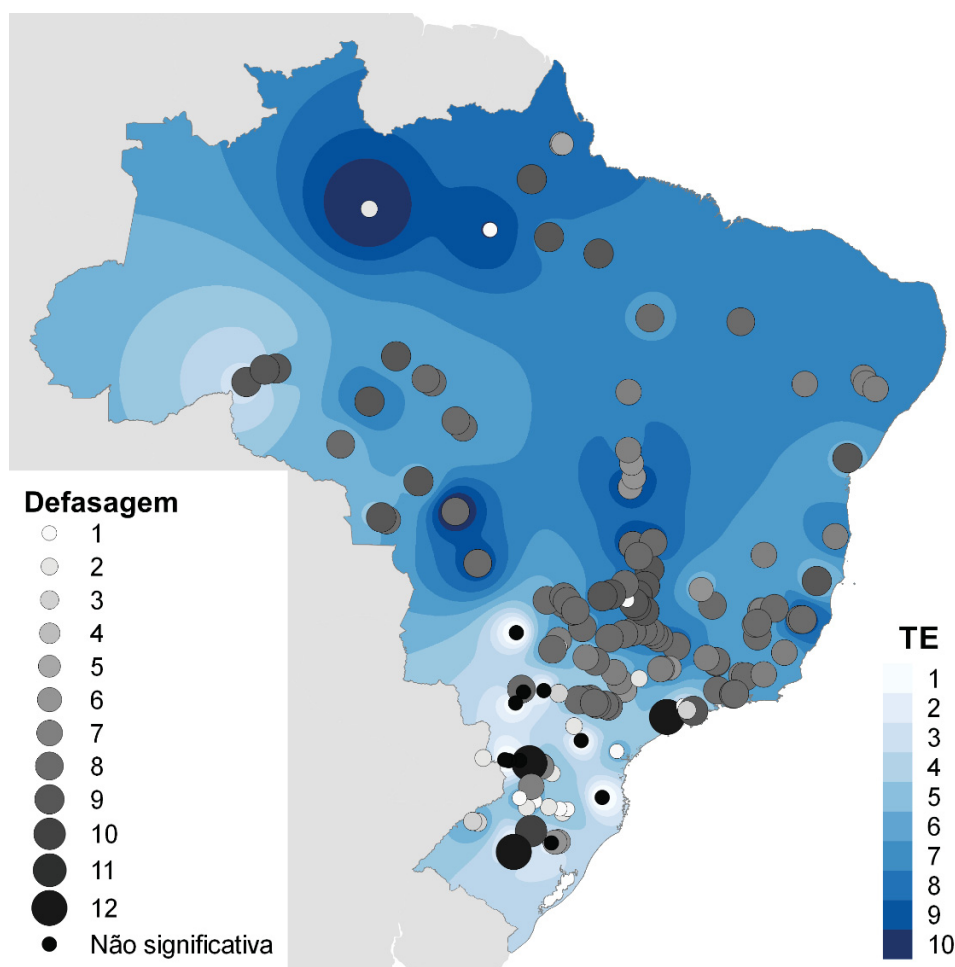
FONTE: A autora (2020).



Em sua maioria, os afluentes do rio Paraná apresentaram defasagem ótima entre seis e nove meses, com exceção do trecho final do Paranapanema, com defasagem de quatro meses, e da usina de Itumbiara com defasagem de doze meses. As UHEs localizadas nos rios Madeira e Teles Pires, na região norte, bem como aquelas instaladas nos afluentes do rio Guaíba, não apresentaram relação significativa com o MEI. O valor encontrado para a UHE Pedra do Cavalo, no rio Paraguaçu, foi de onze meses, destoante da região em que se encontra onde as defasagens estão entre seis e sete meses.

A FIGURA 37 mostra o mapa com as melhores defasagens para o índice ONI. O padrão espacial das defasagens também se mostra mais definido e poucas usinas não apresentaram relação significativa com o índice. Nota-se que as defasagens encontradas para o ONI são muito próximas àquelas definidas para o MEI. De fato, 32 postos apresentaram a mesma defasagem para os dois índices e outros 60 indicaram defasagens com diferença de um mês.

FIGURA 37 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE ONI

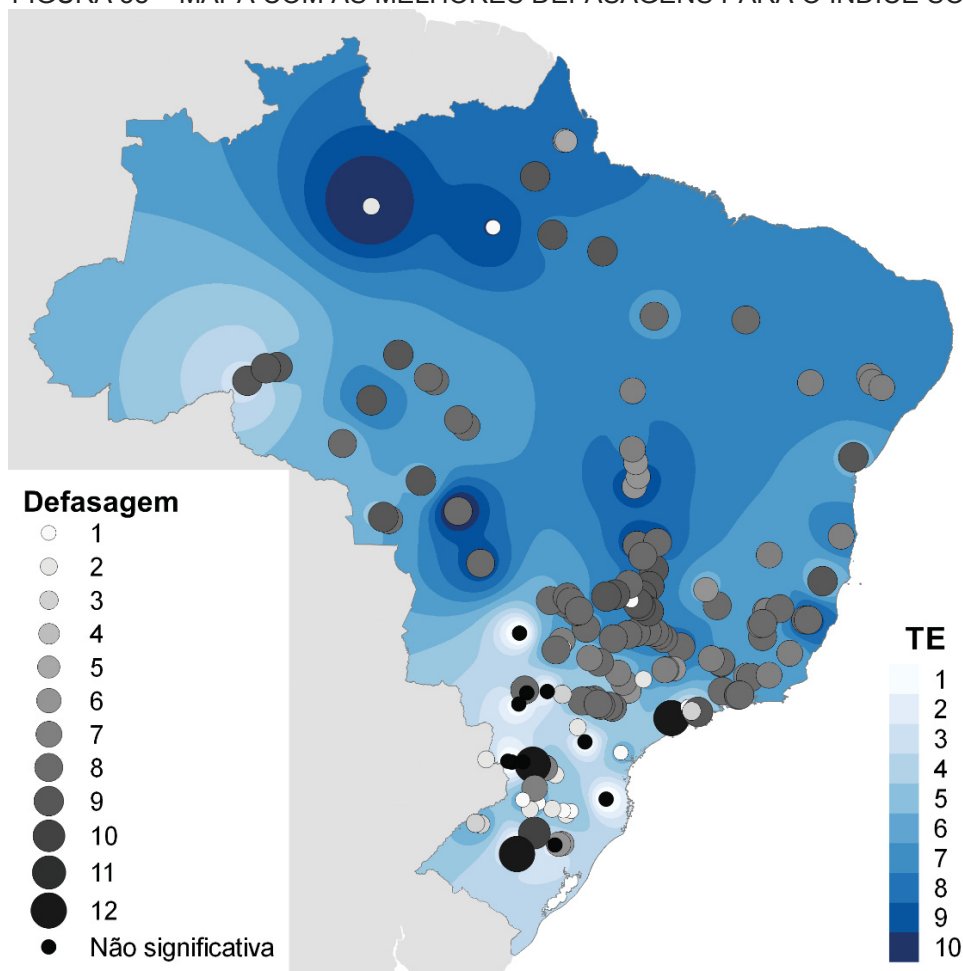


FONTE: A autora (2020).

Com exceção da região sul, onde se encontram as doze usinas que não foram detectadas relações significativas com os índices, as defasagens estão entre seis e nove meses. As UHE Curuá-Una e Balbina, assim como as usinas do rio Araguari, na região norte, destoam por apresentar defasagens muito menores do que as indicadas na região.

A FIGURA 38 apresenta as defasagens obtidas para o índice SOI. Este mapa não tem uma estrutura muito clara, postos em rios próximos não têm defasagens semelhantes, as regiões têm grande variação. Isso torna-se mais claro nas regiões sul e sudeste, onde rios com defasagens significativas de cinco meses está próximo de rios com defasagens de onze meses. No rio Grande, por exemplo, entre Minas Gerais e São Paulo, as defasagens indicadas para os postos se alternam entre cinco e onze meses. Por outro lado, todas as usinas localizadas no rio Tocantins apresentam defasagem ótima de cinco meses.

FIGURA 38 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE SOI

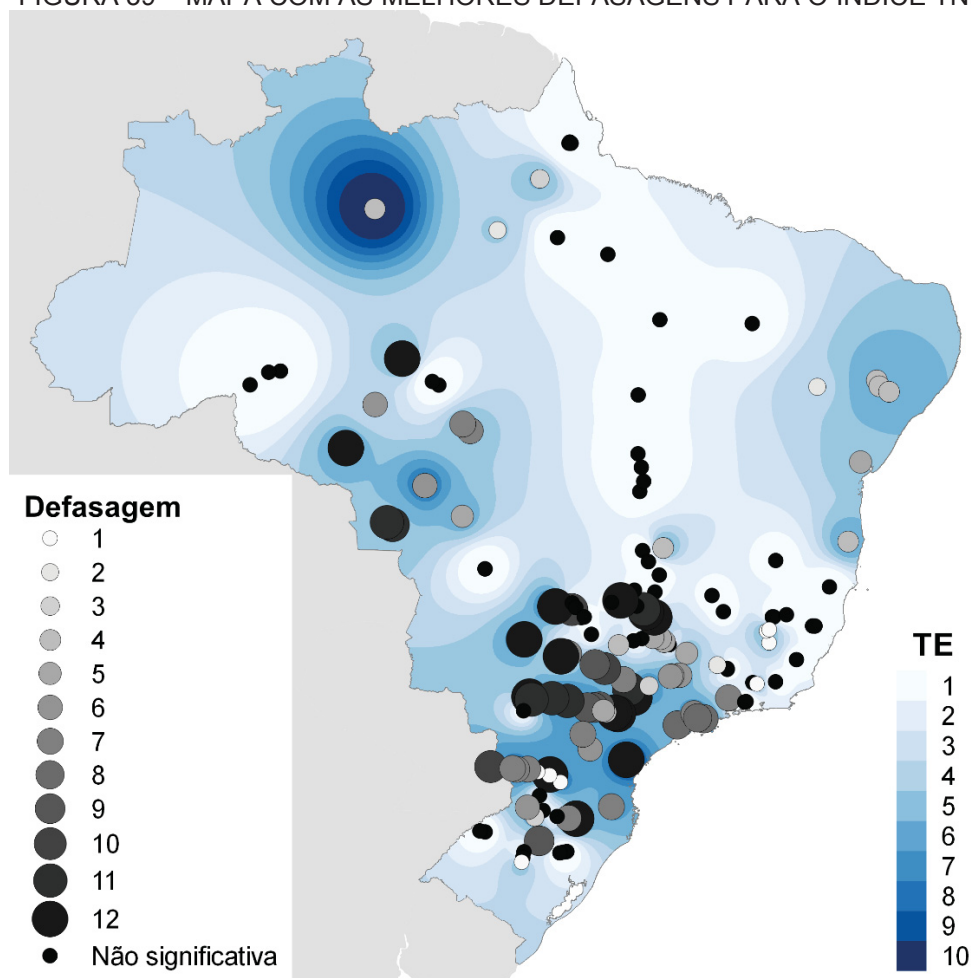


FONTE: A autora (2020).

O rio Paranaíba e seus afluentes apresentam padrão de influência no mesmo rio, embora com defasagens variando entre cinco e oito meses na região. A maioria das usinas que não apresentaram relação significativa com o índice estão no rio Paranapanema e região ao sul dele, as usinas restantes dessa região mostraram defasagens diversas como três, cinco, seis, sete, nove, onze e doze meses distribuídos irregularmente.

A FIGURA 39 mostra o mapa para as defasagens do TNI. Ao todo, 64 postos não apresentaram relação significativa com o índice, a maioria deles localizados na região central e ao norte. Não é possível definir um padrão espacial para a influência do índice, pois as defasagens não tem relação clara entre os postos. Ao longo do rio Tietê, por exemplo, as defasagens indicadas se alternam entre sete, nove, dez, onze e doze meses, porém sem sequência lógica, comportamento semelhante pode ser observado no rio Paranapanema. De maneira geral, o TNI não parece ser um índice muito representativo em escala nacional.

FIGURA 39 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE TNI

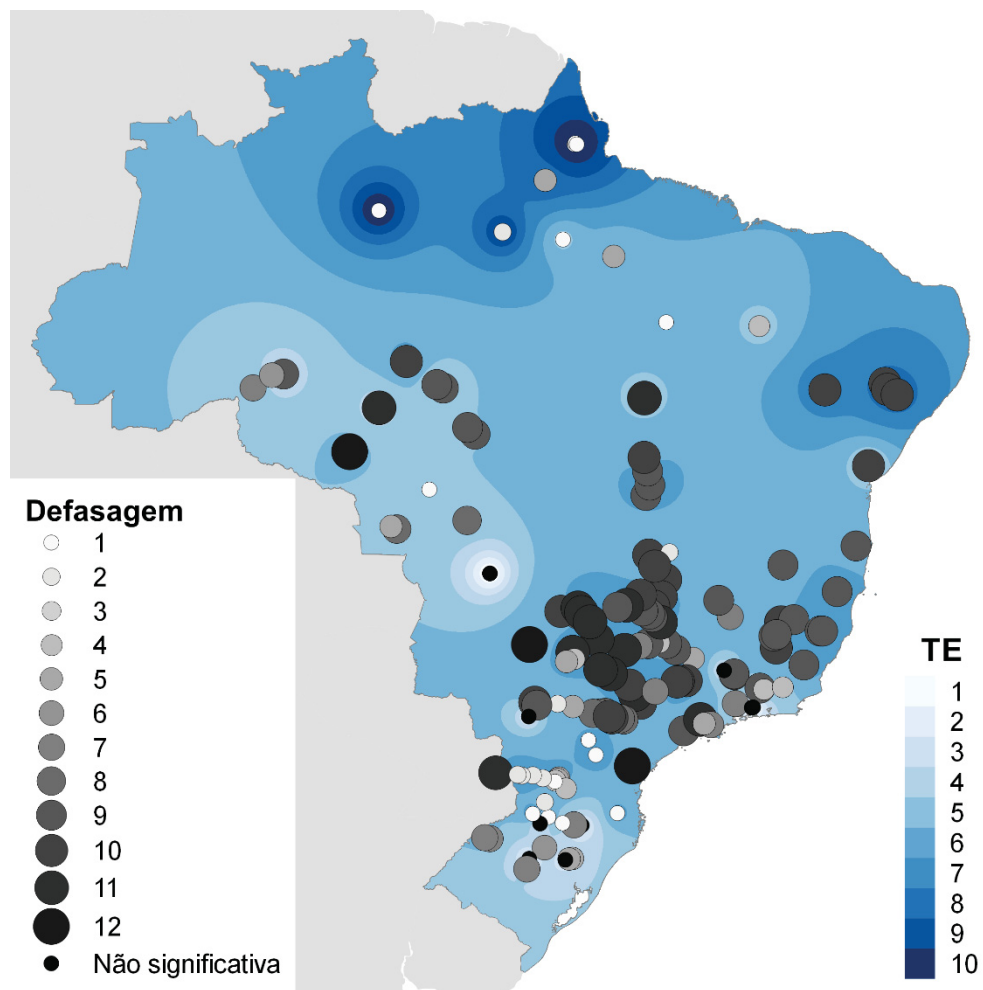


FONTE: A autora (2020).

A FIGURA 40 mostra as defasagens que maximizam o valor de TE para o índice NINO1+2, onde apenas treze usinas não apresentaram relação significativa com o índice. A região sul apresenta defasagens entre um e quatro meses, principalmente, embora entre as usinas no Rio Grande do Sul seja possível encontrar defasagens entre cinco e sete meses. No resto do território é possível identificar um padrão de influência com defasagem entre oito e onze meses.

As usinas localizadas no rio Grande, entretanto, apresentam alternância entre defasagens de quatro, cinco, sete, nove e onze meses. Da mesma forma, a defasagem de influência nos afluentes do rio Amazonas registrou valores de um, dois e cinco meses, sem padrão espacial aparente.

FIGURA 40 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO1+2

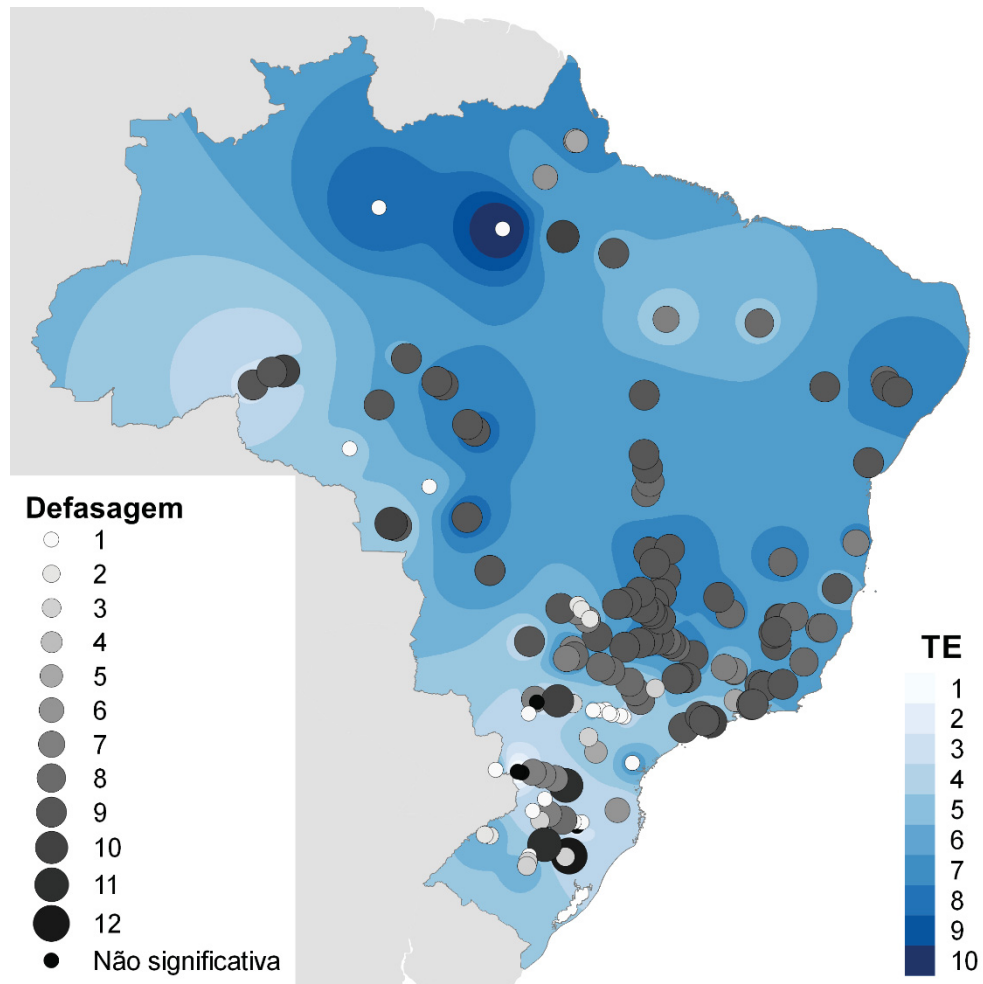


FONTE: A autora (2020).

Os valores de defasagens encontrados para o índice NINO 3 estão apresentados na FIGURA 41. Em sua maioria, os postos apresentaram o máximo valor de TE para defasagens entre sete e nove meses, além disso apenas quatro postos não apresentaram relação significativa com o índice, quase todas eles na região sul.

O rio Paranapanema, por sua vez, indica a defasagem de um mês no trecho anterior à sua confluência com o rio Tibagi e depois não existe um padrão de influência. Os valores de defasagens muito dispersos não apontam este como um bom índice para avaliar a influência do ENOS na região sul.

FIGURA 41 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO 3

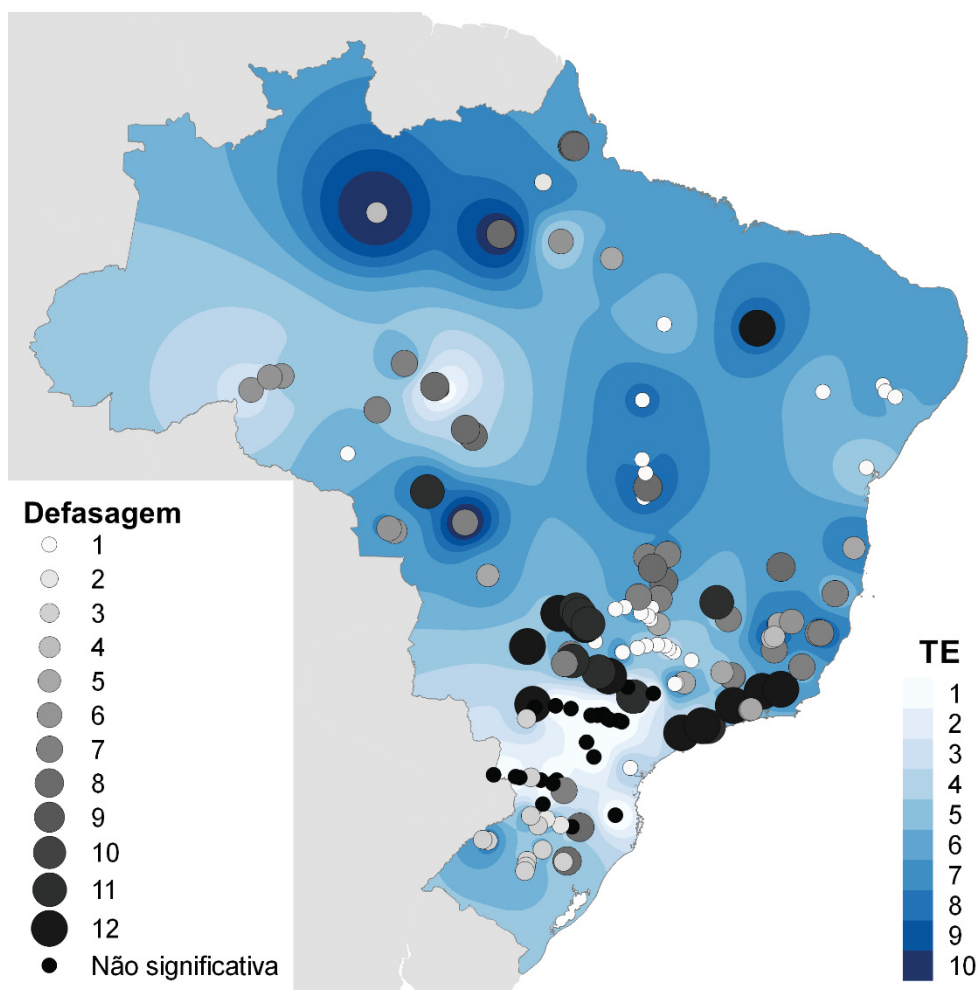


FONTE: A autora (2020).

A FIGURA 42 o mapa com as defasagens do NINO 4 para cada uma das usinas. Entre os postos analisado, 28 deles não apresentaram relação significativa com o índice, sendo a maioria deles localizada nos rios Paranapanema, Tibagi e Iguaçu.

Os rios Pelotas, Jacuí, Ijuí e Uruguai indicaram maior influência quando analisada defasagem entre dois e três meses. Os rios Verde e Tietê apresentam defasagem de onze e doze meses, enquanto no rio Grande predomina a defasagem de um mês. Na região do estado de Goiás as defasagens estão entre sete e oito meses, enquanto na bacia do rio Tocantins as defasagens são, em sua maioria, de um mês.

FIGURA 42 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO 4

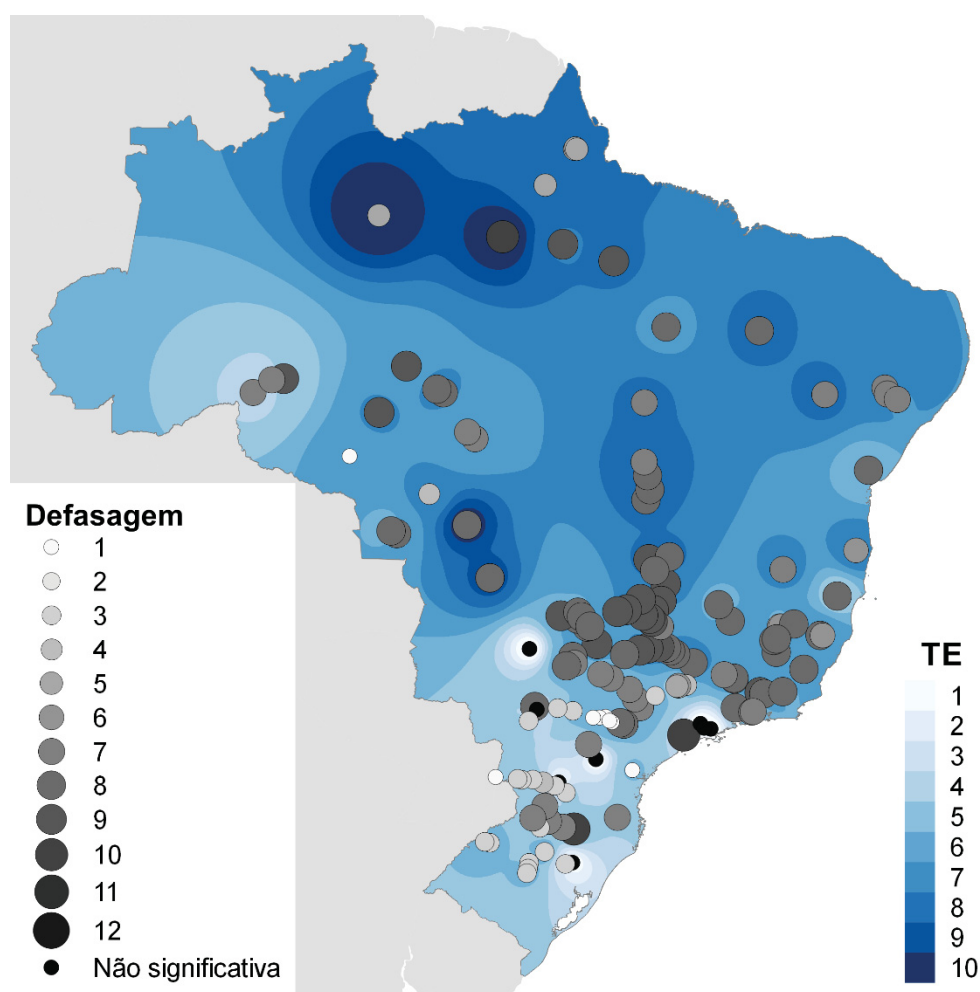


FONTE: A autora (2020).



Por fim, a FIGURA 43 mostra o mapa de defasagens escolhidas para o índice NINO3.4. No total, onze postos não apresentaram relação significativa com o índice, sendo a maioria localizada no sul. A distribuição espacial das defasagens é bem semelhante à observada no ONI, diferenciando principalmente na região sul. As defasagens predominantes são entre sete e nove meses em todo o território, exceto na região sul onde são apresentadas defasagens entre três e quatro.

FIGURA 43 – MAPA COM AS MELHORES DEFASAGENS PARA O ÍNDICE NINO 3.4



FONTE: A autora (2020).

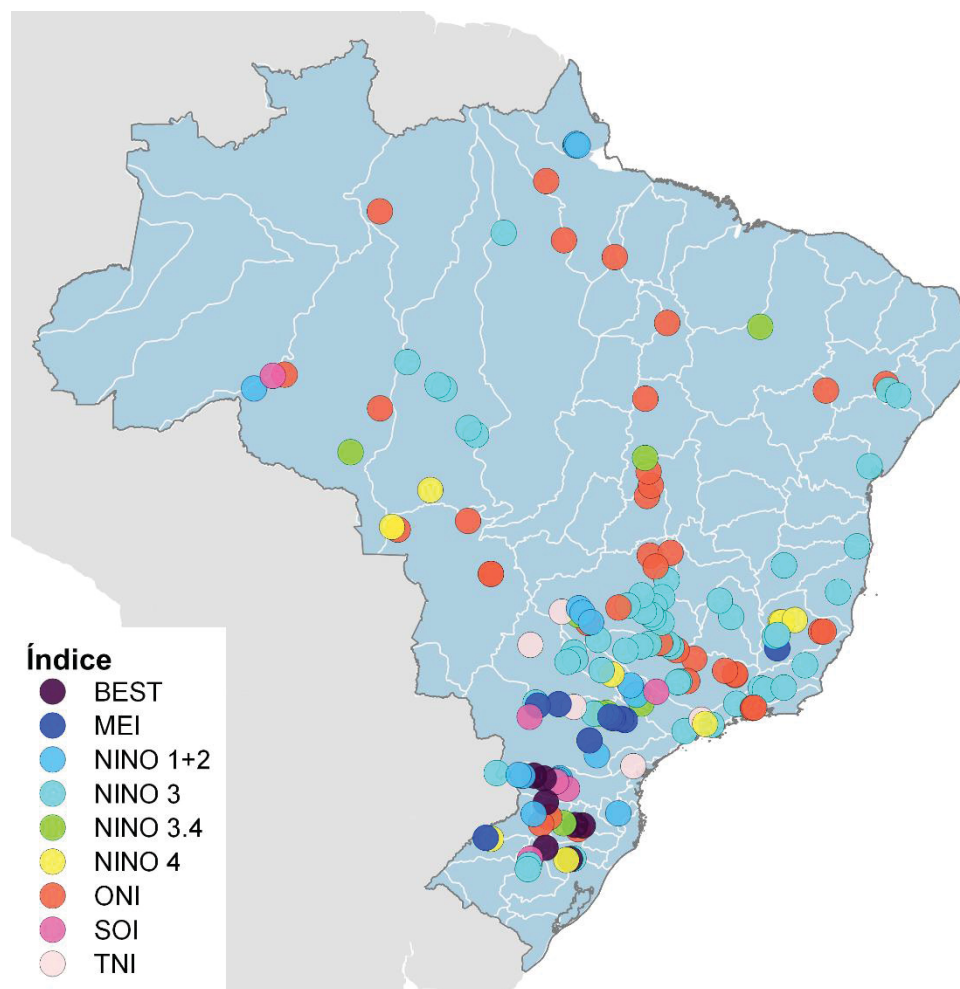
A TABELA 6 apresenta um resumo dos resultados apresentados. Os números indicam quantas usinas apresentaram a máxima TE entre determinado índice do ENOS e a defasagem analisada.

TABELA 6 – QUANTIDADE DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA DEFASAGEM DOS ÍNDICES

Defasagem	BEST	MEI	ONI	SOI	TNI	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4
1	8	14	11	6	9	14	19	10	29
2	10	1	8	0	3	8	7	0	4
3	5	6	4	6	3	0	8	17	11
4	9	4	0	8	8	8	0	3	5
5	7	2	3	29	7	11	5	6	11
6	1	20	9	16	7	2	2	5	7
7	5	42	23	16	14	10	15	28	19
8	8	24	53	17	3	9	19	44	13
9	14	2	21	6	5	31	61	21	0
10	4	0	1	5	3	24	5	3	0
11	2	1	0	10	7	15	2	0	9
12	0	2	3	5	15	3	1	0	12
Não significativa	75	30	12	24	64	13	4	11	28

FONTE: A autora (2020).

FIGURA 44 – MAPA COM OS ÍNDICES ESCOLHIDOS PARA CADA USINA



FONTE: A autora (2020).



A escolha do índice com maior transferência de informação para a série de vazões foi feita a partir dos valores normalizados de TE e estão apresentados na FIGURA 44. Nota-se que os índices mais representativos são o NINO 3 e o ONI a nível nacional, embora na região sul seja possível identificar todos os índices em diferentes pontos.

A TABELA 7 apresenta um resumo da quantidade de postos que são melhor representadas por cada índice. Nota-se que os índices TNI, SOI e BEST são os menos representativos a nível nacional, enquanto NINO 3 e ONI apresentam um bom desempenho com 87 das 148 usinas analisadas.

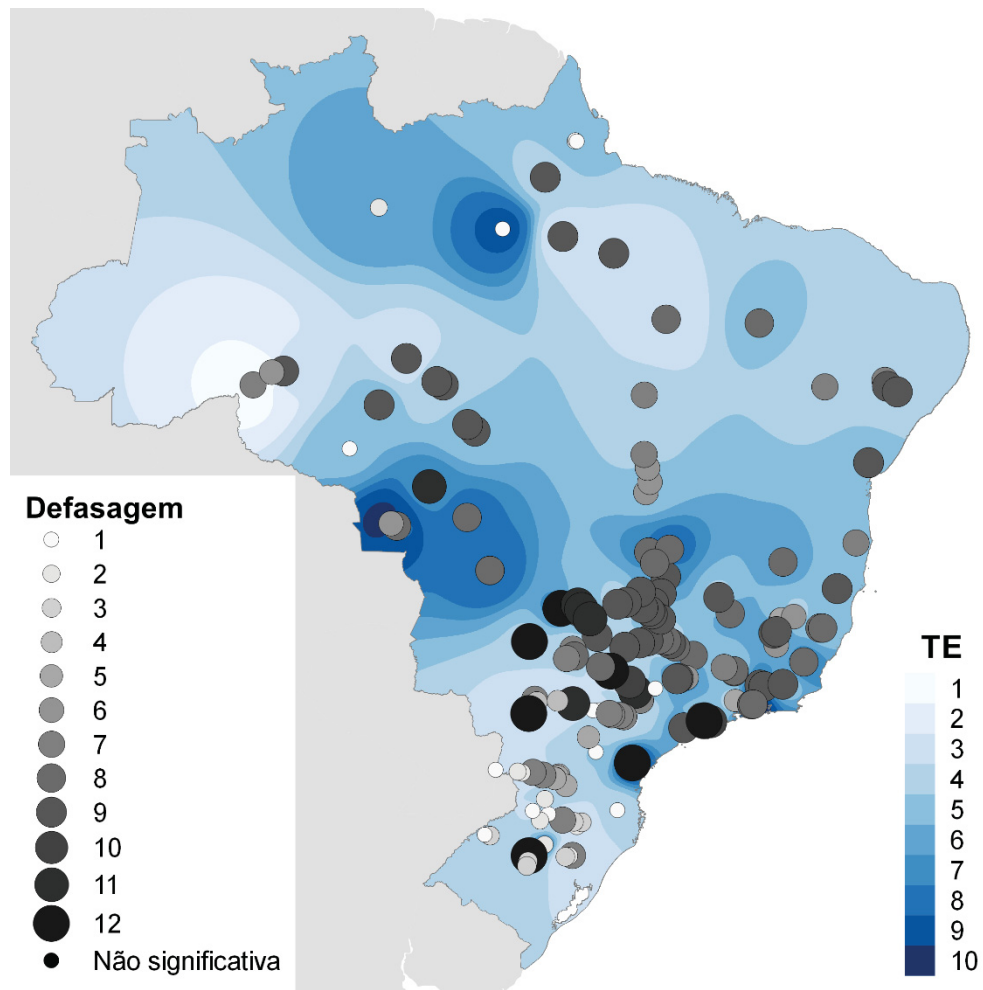
TABELA 7 – NÚMERO DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA ÍNDICE

<b>Índice</b>	<b>Nº de usinas representadas</b>
BEST	7
MEI	9
ONI	37
SOI	6
TNI	5
NINO 1+2	17
NINO 3	50
NINO 3.4	8
NINO 4	9

FONTE: A autora (2020).

A FIGURA 45 apresenta a máxima TE e sua respectiva defasagem encontradas, independente do índice. Os valores de TE foram normalizados para melhor visualização das diferenças encontradas entre os resultados. Nota-se que o Centro-Oeste e uma região do Norte apresentam maior transferência de informação entre o fenômeno e as vazões. Por outro lado, o Sul apresenta baixo fluxo de informação entre as séries. As defasagens ótimas estão, em sua maioria, entre 7 e 9. No Sul, muitos postos tiveram sua defasagem ótima em 1 mês.

FIGURA 45 – MAPA COM MÁXIMA TE E RESPECTIVAS DEFASAGENS



FONTE: A autora (2020).

Em todos os mapas apresentados, é possível notar que existem concentrações de maior fluxo de informação em alguns pontos e alternância de defasagem em um mesmo rio. Isso pode ser devido a características locais das usinas analisadas e espacialização dos dados, bem como resultado de limitações do método.

Os valores de TE estimados para diferentes defasagens e índices (APÊNDICE C – RESULTADOS DE TE) foram muito próximos, com diferenças na ordem de  $10^{-3}$ . Isso pode ter afetado as escolhas de índices e defasagens, pois foram selecionados os valores máximos para cada usina sem avaliar os resultados encontrados para outras usinas da mesma cascata.

### 3.5 DECOMPOSIÇÃO WAVELET

Utilizando as séries de vazões e índices ENOS, foram testadas 104 funções *wavelet* no total. Sendo estas funções divididas entre as famílias Haar, Daubechies (dbN), Coiflets (coifN), Symlets (symN), Biortogonal (biorNr.Nd) e Biortogonal reversa (rbioNr.Nd). Cada uma das séries foi decomposta com todas as funções testadas no nível máximo de decomposição indicado pelo tamanho do filtro associado à *wavelet*.

Com as subséries decompostas, foram aplicados os critérios para avaliar a similaridade e a capacidade de decomposição da função *wavelet* analisada. Os resultados obtidos para as séries de índices estão apresentados na TABELA 8, os números indicam quantos índices escolheram determinada base em cada critério. Por apresentarem o mesmo valor, em alguns critérios mais de uma função base foi escolhida.

TABELA 8 – ÍNDICES REPRESENTADOS POR CADA FUNÇÃO WAVELET COM BASE NOS CRITÉRIO SELECIONADOS

	$E_R$	$I$	$E_{cond}$	$E_{conj}$	$E_{re}$	$I_c$	$E_{com}$
bior1.1	0	9	0	0	0	0	0
coif9	0	0	7	7	7	7	0
coif10	0	0	9	9	9	9	0
coif11	0	0	9	9	9	9	0
coif12	0	0	9	9	9	9	0
coif13	0	0	9	9	9	9	0
coif14	0	0	9	9	9	9	0
coif15	0	0	9	9	9	9	0
coif16	0	0	9	9	9	9	0
coif17	0	0	9	9	9	9	0
db27	0	0	7	7	7	7	0
db28	0	0	9	9	9	9	0
db29	0	0	9	9	9	9	0
db30	0	0	9	9	9	9	0
db31	0	0	9	9	9	9	0
db32	0	0	9	9	9	9	0
db33	0	0	9	9	9	9	0
db34	0	0	9	9	9	9	0
db35	0	0	9	9	9	9	0
db36	0	0	9	9	9	9	0
db37	0	0	9	9	9	9	0
db38	0	0	9	9	9	9	0
haar	0	9	0	0	0	0	0
rbio1.1	0	9	0	0	0	0	0
rbio3.1	9	0	0	0	0	0	9

FONTE: A autora (2020).

É possível notar que os critérios de entropia ( $E_{cond}$ ,  $E_{conj}$ ,  $E_{rel}$ ) indicam a utilização de dbN ou coifN como ideal para decomposição de todos os índices, sendo estas funções assimétricas ou quase simétricas. Por outro lado, a informação mútua ( $I$ ) e o critério de comparação informacional ( $I_c$ ), indicam a utilização de bases simétricas, sendo elas da família Biortogonal, Biortogonal reversa e Haar.

Tanto a família bior, quanto a rbio, indicam o número de momentos nulos na função de decomposição e reconstrução igual a 1. Vale destacar que as funções bior1.1 e rbio1.1 tratam-se do mesmo par de funções, idênticos à função Haar.

O critério de razão energia-entropia de Shannon ( $E_R$ ) apontou apenas a base rbio3.1 como ideal. Por fim, foi escolhido com base no critério abrangente de entropia ( $E_{com}$ ) a rbio 3.1 como função ideal, base indicada por todos os índices, sem exceções.

O mesmo procedimento foi aplicado para as séries de vazões e um resumo dos resultados está apresentado na TABELA 9. Os resultados das vazões apresentaram um comportamento semelhante ao observado com os índices. Com exceção da  $I$ , os critérios relacionados à similaridade da decomposição com a série original apontaram bases assimétricas ou quase-simétricas como ideais para decomposição, sendo elas das famílias coifN e dbN.

TABELA 9 – NÚMERO DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA FUNÇÃO WAVELET COM BASE NOS CRITÉRIOS SELECIONADOS

	$E_R$	$I$	$E_{cond}$	$E_{conj}$	$E_{re}$	$I_c$	$E_{com}$
bior1.1	0	148	0	0	0	0	0
bior3.1	30	0	0	0	0	0	23
coif12	0	0	148	148	148	148	17
coif13	0	0	148	148	148	148	0
coif14	0	0	148	148	148	148	0
coif15	0	0	148	148	148	148	0
coif16	0	0	148	148	148	148	0
coif17	0	0	148	148	148	148	0
db34	0	0	148	148	148	148	0
db35	0	0	148	148	148	148	0
db36	0	0	148	148	148	148	0
db37	0	0	148	148	148	148	7
db38	0	0	148	148	148	148	3
haar	0	148	0	0	0	0	0
Rbio1.1	0	148	0	0	0	0	0
rbio3.1	118	0	0	0	0	0	97

FONTE: A autora (2020).

Os critérios  $I$  e  $E_R$  escolheram funções das famílias  $\text{biorNr.Nd}$  e  $\text{rbioNr.Nd}$ , além da função de Haar. O critério  $E_R$  dividiu as escolhas da função base, sendo 118 das 148 usinas para a base  $\text{rbio3.1}$  e apenas 30 para  $\text{bior3.1}$ , enquanto a informação mútua apontou para 3 famílias diferentes, porém com funções idênticas.

Ainda, o critério  $E_{com}$  apontou para 5 funções diferentes, sendo elas  $\text{coif12}$ ,  $\text{coif13}$ ,  $\text{db37}$ ,  $\text{db38}$  e  $\text{rbio3.1}$ . Porém, 97 das 148 usinas analisadas escolheram a  $\text{rbio3.1}$  como a função base ideal para decomposição das vazões.

Por fim, a função base escolhida para decomposição das séries de índices e vazões foi a  $\text{rbio3.1}$  com 8 níveis de decomposição. Utilizando a mesma base o número de subséries geradas pela decomposição será o mesmo para as duas variáveis, uma vez que o comprimento das séries e do filtro associado à função *wavelet* são iguais para os índices e vazões.

### 3.6 CÁLCULO DA INFORMAÇÃO MÚTUA (MI)

Utilizando a função base escolhida, são feitas as decomposições das séries de vazões e índices do ENOS. A MI estimada relaciona cada uma das séries de vazões com o respectivo índice que apresenta maior transferência de informação, conforme resultados apresentados anteriormente, com o intuito de identificar o nível de decomposição em que ambos processos se desenvolvem de maneira semelhante.

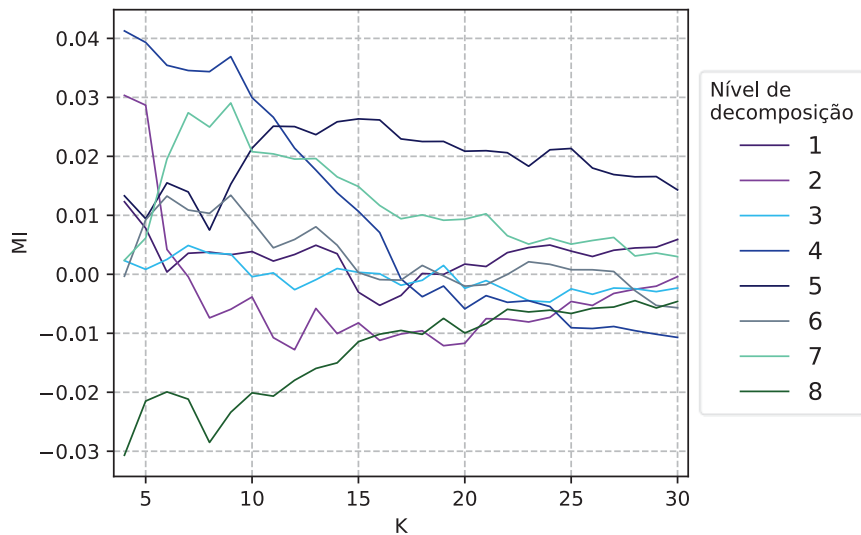
#### 3.6.1 Escolha do parâmetro $K$

O cálculo da MI foi feito com o estimador KSG, o mesmo utilizado para estimar a TE. Por se tratar de dimensões diferentes, o parâmetro  $K$  para o cálculo da MI não é necessariamente o mesmo valor encontrado para a TE. A estimativa de  $K$  baseou-se no mesmo procedimento de testar diferentes valores e escolher o menor valor a partir do qual os resultados de MI são mais estáveis.

Foram calculados MI entre os níveis de decomposição da série de vazões e do índice do ENOS utilizando valores de  $K$  entre 4 e 30. Para o teste, a série de vazões utilizada é a referente à usina Foz do Areia e o SOI foi o índice relacionado, sendo este o que apresentou maior transferência de informação para o posto analisado. Ambas as séries foram decompostas em 8 níveis utilizando a função *wavelet*  $\text{rbio3.1}$ ,

conforme determinado anteriormente. Os resultados obtidos estão apresentados na FIGURA 46.

FIGURA 46 – RESULTADOS OBTIDOS NO TESTE DO PARÂMETRO  $K$  PARA MI



FONTE: A autora (2020).

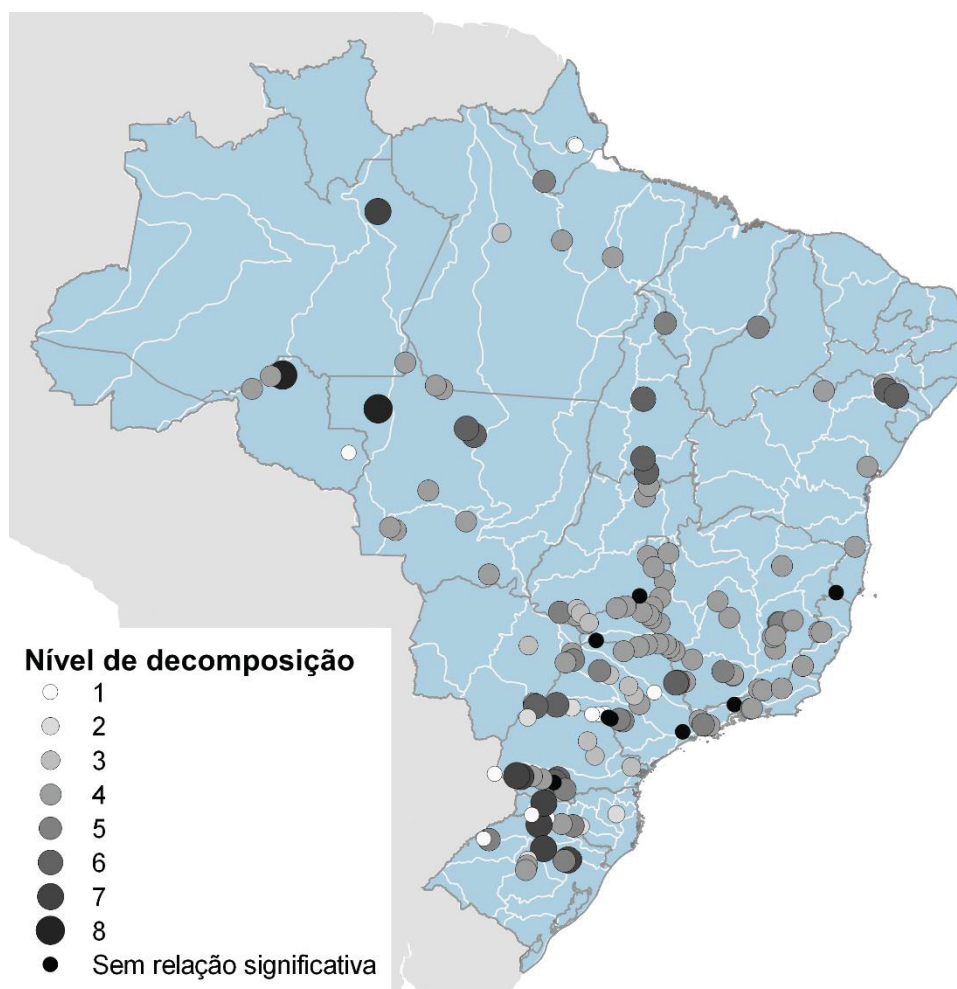
Com base na análise gráfica, é possível notar que os valores de MI estão menos dispersos utilizando valores maiores que 17, aproximadamente. Entretanto, foi escolhido  $K$  igual a 23, valor a partir do qual as variações de resultado da MI foram menores que  $5 \times 10^{-3}$ .

### 3.6.2 Nível de decomposição com máxima MI

Com o parâmetro definido, foi estimada a MI entre cada nível de decomposição da série de vazões e o respectivo nível de decomposição do índice. Isto é, foi estimada a MI entre cada nível  $n$  de decomposição da série de vazão e o nível  $n$  de decomposição do índice.

Utilizando apenas os valores de MI que apresentaram significância estatística, foram determinados os níveis que resultaram na máxima MI, sendo estes o que apresentam maior semelhança de comportamento entre as vazões e índices. A FIGURA 47 apresenta os níveis de decomposição com máxima MI para cada uma das UHEs analisadas.

FIGURA 47 – NÍVEIS DE DECOMPOSIÇÃO COM MÁXIMA MI



FONTE: A autora (2020).

De modo geral, o nível 4 de decomposição mostra-se como aquele com maior MI, sendo este o resultado de 72 usinas. Entre todas as usinas analisadas, 9 não apresentaram relação significativa em qualquer nível de decomposição e apenas duas, localizadas na região norte, indicaram o nível 8 com máxima MI.

No Nordeste os níveis variam entre 4 e 6, enquanto no Norte foram detectadas máxima MI para todos os níveis exceto o 2, porém sem um padrão espacial aparente. Na região Sul os resultados não são tão homogêneos, variando entre os níveis de 1 a 7, além de postos sem relação significativa com qualquer nível. A TABELA 10 apresenta o resumo dos resultados obtidos na análise da MI entre os níveis de decomposição.

TABELA 10 – NÚMERO DE USINAS REPRESENTADAS POR CADA NÍVEL DE DECOMPOSIÇÃO

<b>Nível de decomposição</b>	<b>Nº de usinas representadas</b>
1	13
2	5
3	11
4	72
5	16
6	13
7	7
8	2
Não significativo	9

FONTE: A autora (2020).



#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

O El Niño – Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno natural de interação atmosfera-oceano com impacto em escala global, alterando o regime de chuvas em diversas regiões. Essa variabilidade interfere na disponibilidade hídrica e, portanto, entender a influência que o fenômeno exerce nas vazões afluentes às usinas hidrelétricas pode ser importante para o planejamento de geração.

Neste trabalho, optou-se por uma abordagem informacional ainda pouco explorada na área. A transferência de informação do fenômeno ENOS para as vazões foi avaliada utilizando conceitos de entropia de informação, mais especificamente a entropia de transferência (TE). O objetivo era não só quantificar o fluxo de informação, mas também avaliar o tempo que decorre entre observar uma mudança de estado do fenômeno e detectar alterações no regime de vazão.

Uma análise mais aprofundada da influência do ENOS foi desenvolvida a partir da decomposição das séries utilizando a transformada *wavelet* e a estimativa da informação mútua (MI) entre níveis de decomposição. Ao identificar o nível com maior similaridade entre o índice e a vazão, é possível avaliar a influência como uma parte do processo representada em subséries.

Os resultados obtidos apontaram uma variabilidade espacial e temporal da influência do fenômeno em escala nacional. Embora a análise com alguns índices não tenha gerado um padrão claro, considerar a TE independente do índice o tempo mostra-se como fator importante, pois a máxima transferência de informação na maioria das usinas analisadas ocorreu com defasagens maiores que um mês.

O método de escolha da função *wavelet* utilizada para decomposição das séries destacou a sensibilidade dos critérios para tal finalidade. Séries diferentes de um mesmo processo físico, como é o caso das séries de vazões utilizadas neste trabalho, podem ser melhor representadas por diferentes funções, dependendo do critério em que se baseia tal escolha.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação da TE com diferentes processos físicos, oscilações climáticas ou até mesmo em um sistema multivariado. Dessa forma, ao considerar a interação entre diversos processos ocorrendo simultaneamente, é possível avaliar como se desenvolvem os processos hidrológicos em uma bacia e quais outras variáveis podem ser relevantes para o estudo da variabilidade hidrológica em uma região.

Outra alternativa é comparar os resultados obtidos com os métodos utilizados neste trabalho com outras técnicas de correlação e causalidade. Isso possibilitaria avaliar a aplicabilidade de diferentes conceitos de entropia da informação como alternativa ou complemento dos estudos desenvolvidos com métodos mais clássicos.

Sugere-se também o desenvolvimento de um estimador para TE baseado na entropia de Tsallis. Sendo uma generalização da entropia de Boltzmann-Gibbs, a entropia de Tsallis considera um parâmetro  $q$ , chamado constante entrópica, dependente dos microestados do sistema. A constante entrópica pode ser estimada ajustando-se um modelo q-Gaussiano que maximize a entropia. Quando  $q = 1$  a entropia de Boltzmann-Gibbs é reproduzida e a série temporal é considerada gaussiana. Caso  $q > 1$ , a distribuição apresenta uma cauda que segue uma lei de potência e se  $q < 1$  aparece um corte na distribuição e o suporte é finito (MURRAY; TSALLIS, 2004).

Outra sugestão é utilizar os resultados obtidos com a análise das séries decompostas para geração de séries de vazões incluindo informações do fenômeno. Utilizando as subséries geradas na decomposição da série original, é possível ajustar um modelo condicionado ao fenômeno climático considerando a influência do fenômeno apenas no nível de decomposição mais relevante.

## REFERÊNCIAS

ABDA, Z.; CHETTIH, M.; ZEROUALI, B. Assessment of neuro-fuzzy approach based different wavelet families for daily flow rates forecasting. **Modeling Earth Systems and Environment**, 2020. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40808-020-00855-1>>.

ADARSH, S.; VISHNUPRIYA, M. S.; NARAYANAN, S.; et al. Trend analysis of sediment flux time series from tropical river basins in India using non-parametric tests and multiscale decomposition. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 2, n. 4, p. 1–16, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40808-016-0245-0>>.

ADDISON, P. **The Illustrated Wavelet Transform Handbook**. Second edition. | Boca Raton, FL : CRC Press, Taylor & Francis: Taylor & Francis, 2002.

AL-ZAHRANI, M.; HUSAIN, T. An algorithm for designing a precipitation network in the south-western region of Saudi Arabia. **Journal of Hydrology**, v. 205, n. 3–4, p. 205–216, 1998. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169497001534>>.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <[http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil?af=crossref](http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref)>.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; VIEGAS, J.; et al. Effects of two different La Niña types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 3, p. 1415–1428, 2019. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/joc.5891>>.

ANYAMBA, A.; CHRETIEN, J. P.; BRITCH, S. C.; et al. Global Disease Outbreaks Associated with the 2015–2016 El Niño Event. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1930, 2019. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-018-38034-z>>.

ASHOK, K.; BEHERA, S. K.; RAO, S. A.; WENG, H.; YAMAGATA, T. El Niño Modoki and its possible teleconnection. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 112, n. 11, p. C11007, 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2006JC003798>>.

BADDOO, T.; GUAN, Y.; ZHANG, D.; ANDAM-AKORFUL, S. Rainfall Variability in the Huangfuchuang Watershed and Its Relationship with ENSO. **Water**, v. 7, n. 12, p. 3243–3262, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/7/7/3243>>.

BAMSTON, A. G.; CHELLIAH, M.; GOLDENBERG, S. B. Documentation of a highly enso-related sst region in the equatorial pacific: Research note. **Atmosphere - Ocean**, v. 35, n. 3, p. 367–383, 1997. Taylor & Francis Group. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07055900.1997.9649597>>. Acesso em: 12/9/2019.

BARNETT, L.; BARRETT, A. B.; SETH, A. K. Granger causality and transfer entropy Are equivalent for gaussian variables. **Physical Review Letters**, v. 103, n. 23, p. 238701, 2009. Disponível em: <<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.103.238701>>.

BASTIANIN, A.; LANZA, A.; MANERA, M. Economic impacts of El Niño southern oscillation: evidence from the Colombian coffee market. **Agricultural Economics (United Kingdom)**, v. 49, n. 5, p. 623–633, 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/agec.12447>>.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; et al. Present and future köppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 180214, 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/sdata2018214>>.

BENNETT, A.; NIJSSEN, B.; OU, G.; CLARK, M.; NEARING, G. Quantifying Process Connectivity With Transfer Entropy in Hydrologic Models. **Water Resources Research**, v. 55, n. 6, p. 4613–4629, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2018WR024555>>.

BLAIN, G. C. Teste de Mann-Kendall modificado: Desempenho de três abordagens da correção da variância. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 416–425, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052013000400014&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052013000400014&lng=en&tlng=en)>.

BLÖSCHL, G.; BIERKENS, M. F. P.; CHAMBEL, A.; et al. Twenty-three unsolved problems in hydrology (UPH)—a community perspective. **Hydrological Sciences Journal**, v. 64, n. 10, p. 1141–1158, 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2019.1620507>>.

BOSSOMAIER, T.; BARNETT, L.; HARRÉ, M.; LIZIER, J. T. **An introduction to transfer entropy: Information flow in complex systems**. Cham: Springer International Publishing, 2016.

CAI, W.; SANTOSO, A.; WANG, G.; et al. ENSO and greenhouse warming. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 9, p. 849–859, 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/nclimate2743>>.

CANCHALA, T.; CERÓN, W. L.; FRANCÉS, F.; et al. Streamflow variability in colombian pacific basins and their teleconnections with climate indices. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 2, p. 526, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/12/2/526>>.

CAO, R.; LI, F.; FENG, P. Impact of Urbanization on Precipitation in North Haihe Basin, China. **Atmosphere**, v. 11, n. 1, p. 16, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4433/11/1/16>>.

CASHIN, P.; MOHADDES, K.; RAISSI, M. Fair weather or foul? The macroeconomic effects of El Niño. **Journal of International Economics**, v. 106, p. 37–54, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022199617300120>>. .

CAYAN, D. R.; REDMOND, K. T.; RIDDLE, L. G. ENSO and hydrologic extremes in the western United States. **Journal of Climate**, v. 12, n. 9, p. 2881–2893, 1999. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%281999%29012%3C2881%3AEAHEIT%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 12/9/2019.

CHAKRABORTY, A.; GHOSH, S.; MUKHOPADHYAY, P.; et al. Trapping effect analysis of AlGaIn/GaN Heterostructure by conductance frequency measurement. Disponível em: <[http://www.americanbanker.com/issues/179\\_124/which-city-is-the-next-big-fintech-hub-new-york-stakes-its-claim-1068345-1.html%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161%5Cnhttp://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991%5Cnhttp://www.scielo](http://www.americanbanker.com/issues/179_124/which-city-is-the-next-big-fintech-hub-new-york-stakes-its-claim-1068345-1.html%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161%5Cnhttp://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991%5Cnhttp://www.scielo)>. Acesso em: 20/1/2020.

CHATTOPADHYAY, R.; DIXIT, S. A.; GOSWAMI, B. N. A Modal Rendition of ENSO Diversity. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 14014, 2019. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-019-50409-4>>.

CHEN, Y. C.; WEI, C.; YEH, H. C. Rainfall network design using kriging and entropy. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 3, p. 340–346, 2008. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/hyp.6292>>.

CHIEW, F. H. S.; MCMAHON, T. A. Téléconnexion entre le phénomène ENSO et l'écoulement, les prévisions d'écoulement et la variabilité interannuelle. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, n. 3, p. 505–522, 2002. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02626660209492950>>.

CHIEW, F. H. S.; PIECHOTA, T. C.; DRACUP, J. A.; MCMAHON, T. A. El Niño/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting. **Journal of Hydrology**, v. 204, n. 1–4, p. 138–149, 1998. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169497001212>>.

CHIODI, A. M.; HARRISON, D. E. Characterizing Warm-ENSO variability in the equatorial pacific: An OLR perspective. **Journal of Climate**, v. 23, n. 9, p. 2428–2439, 2010. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/2009JCLI3030.1>>.

CHIODI, A. M.; HARRISON, D. E. El niño impacts on seasonal u.s. atmospheric circulation, temperature, and precipitation anomalies: The olr-event perspective. **Journal of Climate**, v. 26, n. 3, p. 822–837, 2013. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-12-00097.1>>.

CHIODI, A. M.; HARRISON, D. E. Global seasonal precipitation anomalies robustly associated with El Niño and La Niña events - an OLR perspective. **Journal of Climate**, v. 28, n. 15, p. 6133–6159, 2015. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-14-00387.1>>.

CID-SERRANO, L.; RAMÍREZ, S. M.; ALFARO, E. J.; ENFIELD, D. B. Analysis of the Latin American west coast rainfall predictability using an enso index. **Atmosfera**, v. 28, n. 3, p. 191–203, 2015. Disponível em:

<<http://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm/article/view/ATM.2015.28.03.04/45970>>.

COELHO, C. A. S.; DE OLIVEIRA, C. P.; AMBRIZZI, T.; et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 11–12, p. 3737–3752, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00382-015-2800-1>>.

COIFMAN, R. R.; WICKERHAUSER, M. V. Entropy-based algorithms for best basis selection. **IEEE Transactions on Information Theory**, v. 38, n. 2, p. 713–718, 1992. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/119732/>>.

COVER, T. M.; HART, P. E. Nearest Neighbor Pattern Classification. **IEEE Transactions on Information Theory**, v. 13, n. 1, p. 21–27, 1967. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1053964/>>.

COVER, T. M.; THOMAS, J. A. **Elements of Information Theory**. Wiley, 2005.

DAUBECHIES, I. The Wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis. **IEEE Transactions on Information Theory**, v. 36, n. 5, p. 961–1005, 1990. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/57199/>>.

DAUBECHIES, I. **Ten Lectures on Wavelets**. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992.

DELGADO-BONAL, A.; MARSHAK, A.; YANG, Y.; HOLDAWAY, D. Analyzing changes in the complexity of climate in the last four decades using MERRA-2 radiation data. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 922, 2020. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-020-57917-8>>.

DETZEL, D.; MINE, M.; BESSA, M.; BLOOT, M. Cenários Sintéticos de Vazões para Grandes Sistemas Hídricos Através de Modelos Contemporâneos e Amostragem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 17–28, 2014. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=161&SUMARIO=4353>>.

DU, J.; CHENG, L.; ZHANG, Q. Spatiotemporal variability and trends in the hydrology of the Xiang River basin, China: extreme precipitation and streamflow. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 12, n. 18, p. 566, 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12517-019-4731-3>>.

ELLENBURG, W. L.; CRUISE, J. F.; SINGH, V. P. The role of evapotranspiration in streamflow modeling – An analysis using entropy. **Journal of Hydrology**, v. 567, p. 290–304, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002216941830742X>>.

FASULLO, J. T.; OTTO-BLIESNER, B. L.; STEVENSON, S. ENSO's Changing Influence on Temperature, Precipitation, and Wildfire in a Warming Climate. **Geophysical Research Letters**, v. 45, n. 17, p. 9216–9225, 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2018GL079022>>.



FERRER, N.; FOLCH, A.; LANE, M.; et al. Groundwater hydrodynamics of an Eastern Africa coastal aquifer, including La Niña 2016–17 drought. **Science of the Total Environment**, v. 661, p. 575–597, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719302177>>.

GAO, R. X.; YAN, R. Non-stationary signal processing for bearing health monitoring. **International Journal of Manufacturing Research**, v. 1, n. 1, p. 18–40, 2006. Disponível em: <<http://www.inderscience.com/link.php?id=10701>>.

GELATI, E.; MADSEN, H.; ROSBJERG, D. Markov-switching model for nonstationary runoff conditioned on El Niño information. **Water Resources Research**, v. 46, n. 2, 2010. John Wiley & Sons, Ltd. Disponível em: <<https://doi.wiley.com/10.1029/2009WR007736>>. Acesso em: 12/9/2019.

GHAFAIRIAN, P.; GHOLAMI, S.; OWLAD, E.; GERIVANI, H. Rainfall-runoff temporal variability in Kermanshah province, Iran and distinguishing anthropogenic effects from climatic effects. **Journal of Earth System Science**, v. 125, n. 6, p. 1299–1311, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12040-016-0731-9>>.

GHAJARNIA, N.; KALANTARI, Z.; ORTH, R.; DESTOUNI, G. Close co-variation between soil moisture and runoff emerging from multi-catchment data across Europe. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 4817, 2020. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-020-61621-y>>.

GLANTZ, M. H.; NARANJO, L.; BAUDOIN, M. A.; RAMÍREZ, I. J. What does it mean to Be El Niño ready? **Atmosphere**, v. 9, n. 3, p. 94, 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4433/9/3/94>>.

GOSWAMI, J. C.; CHAN, A. K. **Fundamentals of Wavelets: Theory, Algorithms, and Applications: Second Edition**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2010.

GOURÉVITCH, B.; EGGERMONT, J. J. Evaluating information transfer between auditory cortical neurons. **Journal of Neurophysiology**, v. 97, n. 3, p. 2533–2543, 2007. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.01106.2006>>.

GRANGER, C. W. J. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. **Econometrica**, v. 37, n. 3, p. 424, 1969. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1912791?origin=crossref>>.

GRANGER, C. W. J. Testing for causality. A personal viewpoint. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 2, n. C, p. 329–352, 1980. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/016518898090069X>>.

GRANGER, C. W. J. Some recent development in a concept of causality. **Journal of Econometrics**, v. 39, n. 1–2, p. 199–211, 1988. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0304407688900450>>.

GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. **Journal of Climate**, v. 16, n. 2, p. 263–280, 2003. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282003%29016%3C0263%3ATENIOT%3E2.0.CO%3B2>>.



GRIMM, A. M. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? **Climate Dynamics**, v. 22, n. 2–3, p. 123–138, 2004. Springer-Verlag. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00382-003-0368-7>>. Acesso em: 12/9/2019.

GUTIÉRREZ, F.; DRACUP, J. A. An analysis of the feasibility of long-range streamflow forecasting for Colombia using El Niño - Southern Oscillation indicators. **Journal of Hydrology**, v. 246, n. 1–4, p. 181–196, 2001. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169401003730>>.

HAMEED, S. N.; JIN, D.; THILAKAN, V. A model for super El Niños. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 2528, 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41467-018-04803-7>>.

HE, H.; LUO, F. Study of LSTM Air Quality Index Prediction Based on Forecasting Timeliness. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 446, n. 3, p. 032113, 2020. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/446/3/032113>>.

HE, H.; TAN, Y.; WANG, Y. Optimal base wavelet selection for ECG noise reduction using a comprehensive entropy criterion. **Entropy**, v. 17, n. 9, p. 6093–6109, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1099-4300/17/9/6093>>.

HEJAZI, M. I.; CAI, X.; RUDELL, B. L. The role of hydrologic information in reservoir operation - Learning from historical releases. **Advances in Water Resources**, v. 31, n. 12, p. 1636–1650, 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309170808001309>>.

HERMIDA, L.; LÓPEZ, L.; MERINO, A.; et al. Hailfall in southwest France: Relationship with precipitation, trends and wavelet analysis. **Atmospheric Research**, v. 156, p. 174–188, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169809515000228>>.

HOYOS, N.; ESCOBAR, J.; RESTREPO, J. C.; ARANGO, A. M.; ORTIZ, J. C. Impact of the 2010-2011 La Niña phenomenon in Colombia, South America: The human toll of an extreme weather event. **Applied Geography**, v. 39, p. 16–25, 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622812001610>>.

HUANG, S.; KONG, W.; YANG, J.; et al. Distinguishing different lightning events based on wavelet packet transform of magnetic field signals. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 211, p. 105477, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364682620302807>>.

HUSSAIN, M.; MAHMUD, I. pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 39, p. 1556, 2019. Disponível em: <<http://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.01556>>.

JAFFRÉS, J. B. D.; CUFF, C.; RASMUSSEN, C.; HESSON, A. S. Teleconnection of atmospheric and oceanic climate anomalies with Australian weather patterns: a review of data availability. **Earth-Science Reviews**, v. 176, p. 117–146, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012825216304202>>.

JENSEN, A.; LA COUR-HARBO, A. **Ripples in Mathematics**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001.

JUEZ, C.; NADAL-ROMERO, E. Long-term time-scale bonds between discharge regime and catchment specific landscape traits in the Spanish Pyrenees.

**Environmental Research**, v. 191, p. 110158, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935120310550>>.

KAWACHI, T.; MARUYAMA, T.; SINGH, V. P. Rainfall entropy for delineation of water resources zones in Japan. **Journal of Hydrology**, v. 246, n. 1–4, p. 36–44, 2001. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169401003559>>.

KELMAN, J.; VIEIRA, A. D. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, J. E. El Niño influence on streamflow forecasting. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 14, n. 2, p. 123–138, 2000. Springer-Verlag. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/PL00009776>>. Acesso em: 12/9/2019.

KHAN, M. M. H.; MUHAMMAD, N. S.; EL-SHAFIE, A. Wavelet based hybrid ANN-ARIMA models for meteorological drought forecasting. **Journal of Hydrology**, v. 590, p. 125380, 2020. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169420308404>>.

KHAN, S.; GANGULY, A. R.; BANDYOPADHYAY, S.; et al. Nonlinear statistics reveals stronger tie between ENSO and the tropical hydrological cycle. **Geophysical Research Letters**, v. 33, n. 24, p. L24402, 2006. Disponível em:

<<http://doi.wiley.com/10.1029/2006GL027941>>.

KOMÁREK, V.; HRNČÍŘ, Z.; ŠTĚRBOVÁ, K. Synchronization as adjustment of information rates: Detection from bivariate time series. **Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics**, v. 63, n. 4, p. 046211, 2001. Disponível em:

<<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.63.046211>>.

KOUSKY, V. E.; HIGGINS, R. W. An alert classification system for monitoring and assessing the ENSO cycle. **Weather and Forecasting**, v. 22, n. 2, p. 353–371, 2007. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/WAF987.1>>.

Acesso em: 12/9/2019.

KRASKOV, A.; STÖGBAUER, H.; GRASSBERGER, P. Estimating mutual information. **Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics**, v. 69, n. 6, p. 16, 2004. Disponível em:

<<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.69.066138>>.

KRSTANOVIC, P. F.; SINGH, V. P. Evaluation of rainfall networks using entropy: II. Application. **Water Resources Management**, v. 6, n. 4, p. 295–314, 1992.

Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF00872282>>.

KULKARNI, A.; VON STORCH, H. Simulationsexperimente zur Wirkung serieller Korrelation auf den Mann-Kendall Trend test. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 4, n. 2, p. 82–85, 1992. Disponível em:

<[http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/4/89155/Monte\\_Carlo\\_experiments](http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/4/89155/Monte_Carlo_experiments)>

\_on\_the\_effect\_of\_serial\_co?af=crossref>.

KUMAR, P.; FOUFOULA-GEORGIOU, E. Wavelet analysis for geophysical applications. **Reviews of Geophysics**, v. 35, n. 4, p. 385–412, 1997. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/97RG00427>>.

LAM, H. C. Y.; HAINES, A.; MCGREGOR, G.; CHAN, E. Y. Y.; HAJAT, S. Time-series study of associations between rates of people affected by disasters and the El Niño southern oscillation (ENSO) cycle. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 17, p. 3146, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1660-4601/16/17/3146>>.

LEE, D.; WARD, P. J.; BLOCK, P. Identification of symmetric and asymmetric responses in seasonal streamflow globally to ENSO phase. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 4, p. 044031, 2018. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aab4ca>>.

LEE, G.; GOMMERS, R.; WASELEWSKI, F.; WOHLFAHRT, K.; O'LEARY, A. PyWavelets: A Python package for wavelet analysis. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 36, p. 1237, 2019. Disponível em: <<http://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.01237>>.

LEE, J. H.; JULIEN, P. Y.; THORNTON, C.; LEE, C. H. Large-scale climate teleconnections with South Korean streamflow variability. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 1, p. 57–70, 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2019.1617869>>.

LI, L. U.; SHANGGUAN, W. E. I.; DENG, Y. I.; et al. A causal inference model based on random forests to identify the effect of soil moisture on precipitation. **Journal of Hydrometeorology**, v. 21, n. 5, p. 1115–1131, 2020. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/jhm/article/21/5/1115/345946/A-Causal-Inference-Model-Based-on-Random-Forests>>.

DI LIBERTO, T. The Walker Circulation: ENSO's atmospheric buddy | NOAA Climate.gov. Disponível em: <<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/walker-circulation-ensos-atmospheric-buddy>>.

LIU, J.; BOWMAN, K. W.; SCHIMEL, D. S.; et al. Contrasting carbon cycle responses of the tropical continents to the 2015–2016 El Niño. **Science**, v. 358, n. 6360, p. eaam5690, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aam5690>>.

LIZIER, J. T. JIDT: An Information-Theoretic Toolkit for Studying the Dynamics of Complex Systems. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 1, 2014. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/frobt.2014.00011/abstract>>.

LIZIER, J. T.; PROKOPENKO, M.; ZOMAYA, A. Y. Local measures of information storage in complex distributed computation. **Information Sciences**, v. 208, p. 39–54, 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0020025512002800>>.

MALLAT, S. **A Wavelet Tour of Signal Processing**. Elsevier, 2009.

MCBRIDE, J. L.; NICHOLLS, N. Seasonal relationships between Australian rainfall and the Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 111, n. 10, p. 1998–2004, 1983. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%281983%29111%3C1998%3ASRBARA%3E2.0.CO%3B2>>.

MCCABE, M. F.; RODELL, M.; ALSDORF, D. E.; et al. The future of Earth observation in hydrology. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 7, p. 3879–3914, 2017.

MCGREGOR, G. R.; EBI, K. El Niño Southern Oscillation (ENSO) and health: An overview for climate and health researchers. **Atmosphere**, v. 9, n. 7, p. 282, 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4433/9/7/282>>.

MISITI, M.; MISITI, Y.; OPPENHEIM, G.; POGGI, J.-M. Wavelet Toolbox User's Guide. , 2020. The MathWorks.

MULLER SCHMIED, H.; ADAM, L.; EISNER, S.; et al. Variations of global and continental water balance components as impacted by climate forcing uncertainty and human water use. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 20, n. 7, p. 2877–2898, 2016. Disponível em: <<https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/20/2877/2016/>>.

MURRAY, G.-M.; TSALLIS, C. (ORGS.). **Nonextensive Entropy : Interdisciplinary Applications**. Oxford University Press, USA, 2004.

NEVES, M. C.; COSTA, L.; MONTEIRO, J. P. Contrôles climatiques et géologiques sur la piézométrie de l'aquifère karstique de Querença-Silves, Algarve (Portugal). **Hydrogeology Journal**, v. 24, n. 4, p. 1015–1028, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10040-015-1359-6>>.

NG, J. Y.; TURNER, S. W. D.; GALELLI, S. Influence of El Niño Southern Oscillation on global hydropower production. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 3, p. 034010, 2017. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa5ef8>>.

NI, L.; WANG, D.; WU, J.; et al. Vine copula selection using mutual information for hydrological dependence modeling. **Environmental Research**, v. 186, p. 109604, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935120304977>>.

NICHOLSON, S. E.; KIM, J. The relationship of the el MNO-southern oscillation to African rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 17, n. 2, p. 117–135, 1997. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/%28SICI%291097-0088%28199702%2917%3A2%3C117%3A%3AAID-JOC84%3E3.0.CO%3B2-O>>.

OERTEL, M.; MEZA, F. J.; GIRONÁS, J. Observed trends and relationships between ENSO and standardized hydrometeorological drought indices in central Chile. **Hydrological Processes**, v. 34, n. 2, p. 159–174, 2020. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/hyp.1359>>.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Planejamento da Operação Energética 2020/2024**. 2020.

PANDEY, B. K.; TIWARI, H.; KHARE, D. Trend analysis using discrete wavelet transform (DWT) for long-term precipitation (1851–2006) over India. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 13, p. 2187–2208, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2017.1371849>>.

PARZEN, E. On Estimation of a Probability Density Function and Mode. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 33, n. 3, p. 1065–1076, 1962. Disponível em: <<http://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177704472>>.

PEREIRA, L. C. C.; OLIVEIRA, S. M. O. DE; COSTA, R. M. DA; COSTA, K. G. DA; VILA-CONCEJO, A. What happens on an equatorial beach on the Amazon coast when La Niña occurs during the rainy season? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 135, p. 116–127, 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272771413003399>>.

POVEDA, G.; SALAS, H. D. Statistical scaling, shannon entropy, and generalized space-time q-entropy of rainfall fields in tropical South America. **Chaos**, v. 25, n. 7, p. 075409, 2015. Disponível em: <<http://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4922595>>.

RÄSÄNEN, T. A.; KUMMU, M. Spatiotemporal influences of ENSO on precipitation and flood pulse in the Mekong River Basin. **Journal of Hydrology**, v. 476, p. 154–168, 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169412009031>>.

RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/ El Nino ( Pacific) . **Monthly Weather Review**, v. 110, n. 5, p. 354–384, 1982. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%281982%29110%3C0354%3AVITSST%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 12/9/2019.

REDMOND, K. T.; KOCH, R. W. Surface Climate and Streamflow Variability in the Western United States and Their Relationship to Large-Scale Circulation Indices. **Water Resources Research**, v. 27, n. 9, p. 2381–2399, 1991. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/91WR00690>>.

RHIF, M.; BEN ABBES, A.; FARAH, I.; MARTÍNEZ, B.; SANG, Y. Wavelet Transform Application for/in Non-Stationary Time-Series Analysis: A Review. **Applied Sciences**, v. 9, n. 7, p. 1345, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/9/7/1345>>.

RUDELL, B. L.; KUMAR, P. Ecohydrologic process networks: 1. Identification. **Water Resources Research**, v. 45, n. 3, 2009. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2008WR007279>>.

SANG, Y.-F.; WANG, Z.; LIU, C. Wavelet Neural Modeling for Hydrologic Time Series Forecasting with Uncertainty Evaluation. **Water Resources Management**, v. 29, n. 6, p. 1789–1801, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11269-014-0911-9>>.



SANG, Y. F. A review on the applications of wavelet transform in hydrology time series analysis. **Atmospheric Research**, v. 122, p. 8–15, 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169809512003924>>.

SANTOS, C. A. G.; KISI, O.; DA SILVA, R. M.; ZOUNEMAT-KERMANI, M. Wavelet-based variability on streamflow at 40-year timescale in the Black Sea region of Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 11, n. 8, p. 169, 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12517-018-3514-6>>.

SANTOSO, A.; MCPHADEN, M. J.; CAI, W. The Defining Characteristics of ENSO Extremes and the Strong 2015/2016 El Niño. **Reviews of Geophysics**, v. 55, n. 4, p. 1079–1129, 2017. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/2017RG000560>>.

VAN SCHAİK, E.; KILLAARS, L.; SMITH, N. E.; et al. Changes in surface hydrology, soil moisture and gross primary production in the Amazon during the 2015/2016 El Niño. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 373, n. 1760, p. 20180084, 2018. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2018.0084>>.

SCHREIBER, T. Measuring information transfer. **Physical Review Letters**, v. 85, n. 2, p. 461–464, 2000. Disponível em: <<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.85.461>>.

SEN, P. K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, n. 324, p. 1379, 1968. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2285891?origin=crossref>>.

SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, n. 3, p. 379–423, 1948. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6773024>>.

SIDERIUS, C.; GANNON, K. E.; NDIYOI, M.; et al. Hydrological Response and Complex Impact Pathways of the 2015/2016 El Niño in Eastern and Southern Africa. **Earth's Future**, v. 6, n. 1, p. 2–22, 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/2017EF000680>>.

SILVA, V. DE P. R. DA; BELO FILHO, A. F.; SINGH, V. P.; et al. Entropy theory for analysing water resources in northeastern region of Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 7, p. 1029–1038, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2015.1099789>>.

SIMON WANG, S. Y.; HUANG, W. R.; HSU, H. H.; GILLIES, R. R. Role of the strengthened El Niño teleconnection in the May 2015 floods over the southern Great Plains. **Geophysical Research Letters**, v. 42, n. 19, p. 8140–8146, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2015GL065211>>.

SIPAHI, R.; PORFIRI, M. Improving on transfer entropy-based network reconstruction using time-delays: Approach and validation. **Chaos**, v. 30, n. 2, p. 023125, 2020. Disponível em: <<http://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5115510>>.

SMITH, C. A.; SARDESHMUKH, P. D. The effect of ENSO on the intraseasonal variance of surface temperatures in winter. **International Journal of Climatology**, v. 20, n. 13, p. 1543–1557, 2000. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/1097-0088%2820001115%2920%3A13%3C1543%3A%3AAID-JOC579%3E3.0.CO%3B2-A>>.

SPRINGER, J.; LUDWIG, R.; KIENZLE, S. W. Impacts of forest fires and climate variability on the hydrology of an alpine medium sized catchment in the Canadian Rocky Mountains. **Hydrology**, v. 2, n. 1, p. 23–47, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2306-5338/2/1/23>>.

SUN, X.; RENARD, B.; THYER, M.; WESTRA, S.; LANG, M. A global analysis of the asymmetric effect of ENSO on extreme precipitation. **Journal of Hydrology**, v. 530, n. 2, p. 51–65, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002216941500699X>>.

SUNDARARAJAN, D. **Discrete Wavelet Transform: A Signal Processing Approach**. Singapore: John Wiley & Sons, Singapore Pte. Ltd, 2015.

TEDESCHI, R. G.; CAVALCANTI, I. F. A.; GRIMM, A. M. Influences of two types of ENSO on South American precipitation. **International Journal of Climatology**, v. 33, n. 6, p. 1382–1400, 2013. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/joc.3519>>.

TIMMERMAN, A.; AN, S. IL; KUG, J. S.; et al. El Niño–Southern Oscillation complexity. **Nature**, 25. jul. 2018. Nature Publishing Group. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41586-018-0252-6>>. Acesso em: 12/9/2019.

TORRENCE, C.; COMPO, G. P. A Practical Guide to Wavelet Analysis. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 79, n. 1, p. 61–78, 1998. Disponível em: <[http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0477\(1998\)079%3C0061:APGTWA%3E2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0477(1998)079%3C0061:APGTWA%3E2.0.CO;2)>.

TRENBERTH, K. E.; STEPANIAK, D. P. Indices of El Niño evolution. **Journal of Climate**, v. 14, n. 8, p. 1697–1701, 2001. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282001%29014%3C1697%3ALIOENO%3E2.0.CO%3B2>>.

TROUP, A. J. The ‘southern oscillation’. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 91, n. 390, p. 490–506, 1965. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/qj.49709139009>>.

UBILAVA, D. The role of El Niño Southern Oscillation in commodity price movement and predictability. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 100, n. 1, p. 239–263, 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1093/ajae/aax060>>.

VAL, J.; CHINARRO, D.; PINO, M. R.; NAVARRO, E. Global change impacts on river ecosystems: A high-resolution watershed study of Ebro river metabolism. **Science of the Total Environment**, v. 569–570, p. 774–783, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969716312712>>.



VU, T. M.; MISHRA, A. K.; KONAPALA, G. Information entropy suggests stronger nonlinear associations between hydro-meteorological variables and ENSO. **Entropy**, v. 20, n. 1, p. 38, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1099-4300/20/1/38>>.

WALKER, G. T.; BLISS, E. W. World Weather V - NAO. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**. v. IV, p.54–84, 1932. Edimburgo.

WANG, C.; DESER, C.; YU, J.-Y.; DINEZIO, P.; CLEMENT, A. El Niño and Southern Oscillation (ENSO): A Review. p.85–106, 2017. Disponível em: <[http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-7499-4\\_4](http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-7499-4_4)>.

WANG, H.; KUMAR, A. Assessing the impact of ENSO on drought in the U.S. Southwest with NCEP climate model simulations. **Journal of Hydrology**, v. 526, p. 30–41, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169414010233>>.

WARD, P. J.; KUMMU, M.; LALL, U. Flood frequencies and durations and their response to El Niño Southern Oscillation: Global analysis. **Journal of Hydrology**, v. 539, p. 358–378, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169416303122>>.

WHO. El Niño affects more than 60 million people. Disponível em: <<http://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/el-niño-affects-more-than-60-million-people>>.

WIBRAL, M.; VICENTE, R.; LINDNER, M. Transfer Entropy in Neuroscience. . p.3–36, 2014. Disponível em: <[http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-54474-3\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-54474-3_1)>.

WOLTER, K.; TIMLIN, M. S. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. **Proceedings of the 17th Climate Diagnostics Workshop**, p.52–57, 1993. Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Climate Survey, CIMMS and the School of Meteorology, University of Oklahoma: Norman, OK.

WOLTER, K.; TIMLIN, M. S. Measuring the strength of ENSO events: How does 1997/98 rank? **Weather**, v. 53, n. 9, p. 315–324, 1998. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/j.1477-8696.1998.tb06408.x>>.

WOLTER, K.; TIMLIN, M. S. El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 7, p. 1074–1087, 2011. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/joc.2336>>.

WRIGHT, P. B. Relationships between indices of the Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 112, n. 9, p. 1913–1919, 1984. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%281984%29112%3C1913%3ARBIOTS%3E2.0.CO%3B2>>.

XIAN, W. U.; OKUMURA, Y. M.; DINEZIO, P. N. What controls the duration of El Niño and La Niña events? **Journal of Climate**, v. 32, n. 18, p. 5941–5965, 2019. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-18-0681.1>>.

XIAO, Z.; SHI, P.; JIANG, P.; et al. The Spatiotemporal Variations of Runoff in the Yangtze River Basin under Climate Change. **Advances in Meteorology**, v. 2018, p. 1–14, 2018. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/amete/2018/5903451/>>.

YEH, S. W.; CAI, W.; MIN, S. K.; et al. ENSO Atmospheric Teleconnections and Their Response to Greenhouse Gas Forcing. **Reviews of Geophysics**, v. 56, n. 1, p. 185–206, 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/2017RG000568>>.

YU, M.; LIU, X.; LI, Q. Responses of meteorological drought-hydrological drought propagation to watershed scales in the upper Huaihe River basin, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 15, p. 17561–17570, 2020. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11356-019-06413-2>>.

YUE, S.; PILON, P.; PHINNEY, B.; CAVADIAS, G. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. **Hydrological Processes**, v. 16, n. 9, p. 1807–1829, 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/hyp.1095>>.

ZHANG, B.; SHANG, P. Measuring information transfer by dispersion transfer entropy. **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, v. 89, p. 105329, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1007570420301611>>.

ZHANG, J.; FENG, M. Q.; WANG, Y. Wavelet analysis on effects of climate change on hydrology and water resources. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 17, n. 4, p. 9411–9423, 2019. Disponível em: <[http://aloki.hu/pdf/1704\\_94119423.pdf](http://aloki.hu/pdf/1704_94119423.pdf)>.

ZHENG, X. T.; HUI, C.; XIE, S. P.; CAI, W.; LONG, S. M. Intensification of El Niño Rainfall Variability Over the Tropical Pacific in the Slow Oceanic Response to Global Warming. **Geophysical Research Letters**, v. 46, n. 4, p. 2253–2260, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2018GL081414>>.

ZHONG, W.; CAI, W.; ZHENG, X. T.; YANG, S. Unusual Anomaly Pattern of the 2015/2016 Extreme El Niño Induced by the 2014 Warm Condition. **Geophysical Research Letters**, v. 46, n. 24, p. 14772–14781, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2019GL085681>>.

## APÊNDICE A – USINAS SELECIONADAS

(continua)

<b>Código</b>	<b>Usina</b>	<b>Rio</b>	<b>Sistema</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
1	Camargos	Grande	Sudeste	44°36'57"	21°19'32"
2	Itutinga	Grande	Sudeste	44°37'20"	21°17'28"
4	Funil-Grande	Grande	Sudeste	45°02'14"	21°08'37"
6	Furnas	Grande	Sudeste	46°19'42"	20°38'49"
7	Mascarenhas De Moraes	Grande	Sudeste	47°03'57"	20°17'16"
8	Estreito	Tocantins	Sudeste	47°16'45"	20°09'02"
9	Jaguara	Grande	Sudeste	47°26'03"	20°01'23"
10	Igarapava	Grande	Sudeste	47°45'00"	19°58'59"
11	Volta Grande	Grande	Sudeste	48°13'14"	20°01'44"
12	Porto Colômbia	Grande	Sudeste	48°34'18"	20°07'27"
14	Caconde	Pardo	Sudeste	46°37'27"	21°34'36"
15	E. Da Cunha	Pardo	Sudeste	46°56'57"	21°36'11"
16	A. S. Oliveira	Pardo	Sudeste	47°00'33"	21°37'31"
17	Marimbondo	Grande	Sudeste	49°11'48"	20°18'03"
18	Água Vermelha	Grande	Sudeste	50°20'44"	19°51'03"
20	Batalha	São Marcos	Sudeste	47°28'59"	17°21'00"
21	Serra do Facão	São Marcos	Sudeste	47°40'00"	18°04'00"
24	Emborcação	Paranaíba	Sudeste	47°59'09"	18°27'06"
25	Nova Ponte	Araguari	Sudeste	47°41'36"	19°07'59"
26	Miranda	Araguari	Sudeste	48°02'29"	18°54'43"
27	Capim Branco 1	Araguari	Sudeste	48°08'49"	18°47'25"
28	Capim Branco 2	Araguari	Sudeste	48°26'07"	18°39'34"
29	Corumbá IV	Corumbá	Sudeste	48°11'17"	16°19'14"
30	Corumbá I	Corumbá	Sudeste	48°31'51"	17°59'21"
31	Itumbiara	Paranaíba	Sudeste	49°06'57"	18°25'16"
32	Cachoeira Dourada	Paranaíba	Sudeste	49°29'35"	18°30'09"
33	São Simão	Paranaíba	Sudeste	58°19'23"	08°13'33"
34	Ilha Solteira	Paraná	Sudeste	51°21'49"	20°22'56"
37	Barra Bonita	Tietê	Sudeste	48°32'03"	22°31'09"
38	A.S. Lima (Bariri)	Tietê	Sudeste	48°45'08"	22°09'11"
39	Ibitinga	Tietê	Sudeste	48°59'26"	21°45'33"
40	Promissão	Tietê	Sudeste	49°46'59"	21°17'45"
42	N. Avanhandava	Tietê	Sudeste	50°12'03"	21°07'08"
43	Três Irmãos	Tietê	Sudeste	51°17'59"	20°40'07"
45	Jupia	Paraná	Sudeste	51°37'36"	20°46'32"
46	Porto Primavera	Paraná	Sudeste	52°57'21"	22°28'40"
47	A.A. Laydner (Jurumirim)	Paranapanema	Sudeste	49°13'47"	23°12'33"
48	Piraju	Paranapanema	Sudeste	49°22'48"	23°09'15"
49	Chavantes	Paranapanema	Sudeste	49°43'53"	23°07'42"
50	L.N. Garcez	Paranapanema	Sudeste	50°00'01"	22°54'15"
51	Canoas II	Paranapanema	Sudeste	50°14'58"	22°56'09"

(continuação)

<b>Código</b>	<b>Usina</b>	<b>Rio</b>	<b>Sistema</b>	<b>Longitude</b>	
52	Canoas I	Paranapanema	Sudeste	50°31'00"	22°56'29"
54	Sta Branca T.	Tibagi	Sul	50°23'57"	24°40'50"
57	Mauá	Tibagi	Sul	50°42'23"	24°03'43"
61	Capivara	Paranapanema	Sudeste	51°21'35"	22°39'28"
62	Taquaruçu	Paranapanema	Sudeste	51°60'00"	22°32'30"
63	Rosana	Paranapanema	Sudeste	52°52'09"	22°36'00"
66	Itaipu	Paraná	Sudeste	54°35'35"	25°25'36"
71	Sta Clara Pr	Jordão	Sul	51°57'12"	25°38'52"
72	Fundão	Jordão	Sul	51°59'53"	25°42'30"
73	Jordão	Jordão	Sul	52°05'19"	25°45'29"
74	G.B. Munhoz	Iguaçu	Sul	51°38'59"	26°04'59"
76	Segredo	Iguaçu	Sul	52°06'46"	25°47'34"
77	Salto Santiago	Iguaçu	Sul	52°37'00"	25°38'59"
78	Salto Osório	Iguaçu	Sul	53°01'59"	25°31'59"
82	Salto Caxias	Iguaçu	Sul	53°29'52"	25°32'34"
83	Baixo Iguaçu	Iguaçu	Sul	53°40'17"	25°30'11"
86	Barra Grande	Pelotas	Sul	51°11'35"	27°46'36"
89	Garibaldi	Canoas	Sul	50°59'17"	27°37'18"
90	Campos Novos	Canoas	Sul	51°19'00"	27°36'06"
91	Machadinho	Pelotas	Sul	51°47'25"	27°31'40"
92	Itá	Pelotas	Sul	52°22'55"	27°16'36"
93	Passo Fundo	Passo Fundo	Sul	52°43'59"	27°33'00"
94	Monjolinho	Passo Fundo	Sul	47°54'56"	22°01'28"
95	Quebra Queixo	Chapecó	Sul	52°31'59"	26°38'59"
97	Castro Alves	Taquari-Antas	Sul	51°22'45"	29°00'29"
98	Monte Claro	Taquari-Antas	Sul	51°31'14"	29°01'49"
99	14 de Julho	Taquari-Antas	Sul	51°40'29"	29°03'53"
101	São José	Ijuí	Sul	54°49'30"	28°10'47"
102	Passo São João	Ijuí	Sul	55°02'52"	28°08'21"
103	Foz do Chapecó	Uruguai	Sul	53°02'22"	27°08'30"
110	Ernestina	Jacuí	Sul	52°32'43"	28°33'21"
111	Passo Real	Jacuí	Sul	53°11'23"	29°01'02"
112	Jacuí	Jacuí	Sul	53°12'32"	23°04'24"
113	Itaúba	Jacuí	Sul	53°14'10"	29°15'32"
114	Dona Francisca	Jacuí	Sul	53°17'08"	29°26'58"
115	G.P. Souza	Capivari	Sul	48°52'25"	25°08'19"
117	Guarapiranga	Guarapiranga	Sudeste	46°43'38"	23°40'17"
120	Jaguari	Jaguari	Sudeste	46°01'40"	23°11'42"
121	Paraibuna	Paraíba do Sul	Sudeste	45°36'02"	23°24'36"
122	Santa Branca	Paraíba do Sul	Sudeste	45°52'17"	23°22'23"
123	Funil	Paraíba do Sul	Sudeste	44°34'00"	22°31'49"
124	Lajes	Ribeirão das Lajes	Sudeste	43°52'51"	22°42'09"
126	Picada	do Peixe	Sudeste	43°32'27"	21°53'05"

(continuação)

<b>Código</b>	<b>Usina</b>	<b>Rio</b>	<b>Sistema</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
127	Sobragi	Paraibuna	Sudeste	43°22'11"	21°56'24"
130	Ilha Pombos	Paraíba do Sul	Sudeste	42°34'59"	21°51'00"
132	Fontes	Ribeirão das Lajes	Sudeste	43°52'53"	22°42'11"
133	P. Passos	Ribeirão das Lajes	Sudeste	43°49'27"	22°41'11"
134	Salto Grande	Santo Antônio	Sudeste	42°43'06"	19°06'56"
135	P. Estrela	Santo Antônio	Sudeste	42°39'33"	19°07'00"
139	Candonga	Doce	Sudeste	42°51'19"	20°12'21"
141	Baguari	Doce	Sudeste	42°07'22"	19°01'19"
143	Aimorés	Doce	Sudeste	41°01'24"	19°29'53"
144	Mascarenhas	Doce	Sudeste	40°55'06"	19°30'01"
148	Irapé	Jequitinhonha	Sudeste	42°34'28"	16°44'17"
153	São Domingos	Verde	Sudeste	53°10'36"	20°03'45"
154	Itapebi	Jequitinhonha	Nordeste	39°31'14"	15°56'25"
155	Retiro Baixo	Paraopeba	Sudeste	44°46'54"	18°53'39"
156	Três Marias	São Francisco	Sudeste	45°15'45"	18°12'50"
162	Queimado	Preto	Sudeste	47°19'18"	16°12'32"
169	Sobradinho	São Francisco	Nordeste	40°49'23"	09°24'57"
172	Itaparica	São Francisco	Nordeste	38°18'47"	09°08'37"
176	Complexo Paulo Afonso	São Francisco	Nordeste	38°12'29"	09°37'26"
178	Xingó	São Francisco	Nordeste	38°12'29"	09°37'26"
189	Pedra do Cavalo	Paraguaçu	Nordeste	37°47'48"	12°35'06"
190	B. Esperança	Parnaíba	Nordeste	38°59'55"	06°44'54"
192	Guilman-Amorim	Piracicaba	Sudeste	43°33'59"	19°42'29"
193	Sá Carvalho	Piracicaba	Sudeste	42°57'36"	19°38'47"
195	Jauru	Jauru	Sudeste	42°50'59"	15°14'08"
196	Guaporé	Mamoré	Sudeste	58°43'40"	15°07'26"
203	Corumbá III	Corumbá	Sudeste	58°57'52"	16°47'09"
204	Cachoeira Caldeirão	Araguari	Norte	47°56'30"	00°51'11"
215	Salto Pilão	Itajaí	Sul	51°17'30"	27°07'00"
217	Rosal	Itabapoana	Sudeste	49°30'00"	20°55'00"
227	Sinop	Teles Pires	Sudeste	41°42'00"	11°16'00"
228	Colíder	Teles Pires	Sudeste	55°27'11"	10°59'04"
229	Teles Pires	Teles Pires	Sudeste	55°45'56"	09°20'27"
230	São Manoel	Teles Pires	Sudeste	56°46'38"	09°11'25"
241	Salto Verdinho	Verde	Sudeste	57°03'07"	19°08'44"
249	Ourinhos	Paranapanema	Sudeste	50°46'01"	23°04'06"
251	Serra Mesa	Tocantins	Sudeste	49°50'17"	13°49'43"
252	Cana Brava	Tocantins	Sudeste	48°18'21"	13°23'57"
253	São Salvador	Tocantins	Sudeste	48°08'32"	12°48'35"
257	Peixe Angical	Tocantins	Sudeste	48°14'21"	12°14'20"
261	Lajeado	Tocantins	Sudeste	48°22'56"	09°45'25"
262	Salto	Verde	Sudeste	48°22'17"	18°48'29"
267	Estreito Tocantins	Tocantins	Norte	51°10'09"	06°35'13"

(conclusão)					
<b>Código</b>	<b>Usina</b>	<b>Rio</b>	<b>Sistema</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
272	Curuá-Una	Curuá-Uma	Norte	47°27'33"	02°48'42"
275	Tucuruí	Tocantins	Norte	54°17'56"	03°49'55"
276	Rondon II	Aripuanã	Sudeste	49°39'07"	11°59'51"
277	Balbina	Uatumã	Norte	60°41'49"	01°54'56"
278	Manso	Manso	Sudeste	59°28'23"	14°52'27"
279	Samuel	Jamari	Sudeste	55°47'08"	08°45'05"
280	Coaracy Nunes	Araguari	Norte	63°27'15"	00°54'11"
281	Ponte Pedra	Correntes	Sudeste	51°15'33"	13°34'52"
283	Stá Clara MG	Mucuri	Sudeste	57°21'49"	17°51'03"
284	Ferreira Gomes	Araguari	Norte	40°18'38"	00°51'07"
285	Jirau	Madeira	Sudeste	51°12'00"	09°19'51"
286	Sto Antônio Jari	Jari	Norte	64°44'03"	00°39'00"
287	Sto Antônio	Madeira	Sudeste	52°31'00"	08°48'03"
290	Espora	Corrente	Sudeste	63°56'58"	18°40'32"
304	Itiquira I	Itiquira	Sudeste	51°51'56"	17°05'26"
305	Itiquira II	Itiquira	Sudeste	51°51'56"	17°05'26"
310	Dardanelos	Aripuanã	Sudeste	54°49'50"	10°09'47"
311	Caçu	Claro	Sudeste	54°49'50"	18°31'45"
312	Barra dos Coqueiros	Claro	Sudeste	59°27'51"	18°43'18"
314	Pimental	Xingu	Norte	51°08'59"	03°07'35"
315	Foz do Rio Claro	Claro	Sudeste	51°00'10"	19°07'04"

APÊNDICE B – PARÂMETRO K PARA ENTROPIA DE TRANSFERÊNCIA (TE)

B.1 – ÍNDICE BEST

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0034	0.0201	0.0082	0.0334	0.0382	0.0199	0.0096	0.0159	0.0168	0.0044	0.0406	0.0209
5	0.0020	0.0128	0.0036	0.0257	0.0311	0.0251	0.0132	-0.0057	0.0120	0.0140	0.0382	0.0185
6	0.0032	0.0171	0.0134	0.0130	0.0228	0.0228	0.0200	-0.0026	0.0118	0.0098	0.0355	0.0212
7	0.0016	0.0213	0.0094	0.0009	0.0184	0.0187	0.0223	0.0031	0.0095	0.0066	0.0443	0.0235
8	0.0070	0.0209	0.0045	0.0020	0.0175	0.0146	0.0171	0.0058	0.0078	0.0055	0.0328	0.0200
9	0.0055	0.0179	0.0055	0.0035	0.0177	0.0136	0.0184	0.0046	0.0098	0.0075	0.0323	0.0203
10	0.0065	0.0204	0.0063	0.0036	0.0154	0.0160	0.0140	-0.0013	0.0078	0.0060	0.0258	0.0146
11	0.0024	0.0213	0.0072	0.0055	0.0154	0.0138	0.0157	-0.0025	0.0051	0.0029	0.0204	0.0186
12	0.0020	0.0205	0.0067	0.0094	0.0165	0.0115	0.0160	0.0017	0.0067	-0.0001	0.0208	0.0173
13	0.0040	0.0156	0.0068	0.0076	0.0148	0.0124	0.0182	0.0027	0.0081	0.0010	0.0205	0.0146
14	0.0011	0.0125	0.0072	0.0078	0.0140	0.0124	0.0192	0.0086	0.0079	-0.0006	0.0180	0.0139
15	-0.0007	0.0120	0.0080	0.0089	0.0134	0.0092	0.0204	0.0083	0.0072	-0.0023	0.0171	0.0116
16	0.0014	0.0106	0.0062	0.0072	0.0139	0.0114	0.0205	0.0081	0.0072	-0.0005	0.0136	0.0101
17	0.0020	0.0074	0.0068	0.0092	0.0126	0.0127	0.0211	0.0065	0.0063	0.0014	0.0104	0.0095
18	0.0002	0.0072	0.0046	0.0101	0.0136	0.0140	0.0199	0.0091	0.0105	-0.0001	0.0078	0.0095
19	0.0003	0.0051	0.0057	0.0106	0.0129	0.0140	0.0226	0.0097	0.0090	0.0005	0.0030	0.0094
20	0.0012	0.0024	0.0057	0.0116	0.0136	0.0119	0.0220	0.0102	0.0082	-0.0020	0.0022	0.0082
21	-0.0003	0.0038	0.0070	0.0116	0.0126	0.0116	0.0217	0.0110	0.0054	-0.0018	0.0007	0.0064
22	0.0020	0.0042	0.0066	0.0113	0.0138	0.0118	0.0210	0.0103	0.0057	0.0009	-0.0012	0.0044
23	0.0013	0.0027	0.0052	0.0105	0.0132	0.0114	0.0219	0.0111	0.0055	0.0000	-0.0002	0.0008
24	0.0008	0.0026	0.0054	0.0106	0.0123	0.0112	0.0218	0.0109	0.0048	-0.0014	-0.0003	-0.0002
25	-0.0001	0.0036	0.0055	0.0100	0.0127	0.0108	0.0212	0.0106	0.0033	-0.0031	-0.0011	0.0004
26	0.0010	0.0034	0.0073	0.0102	0.0104	0.0088	0.0204	0.0124	0.0042	-0.0016	-0.0004	-0.0001
27	0.0024	0.0014	0.0040	0.0100	0.0107	0.0095	0.0200	0.0124	0.0033	-0.0025	-0.0002	-0.0014
28	0.0031	0.0035	0.0036	0.0085	0.0105	0.0088	0.0194	0.0104	0.0021	-0.0015	-0.0014	-0.0010
29	0.0030	0.0029	0.0042	0.0080	0.0091	0.0103	0.0168	0.0090	0.0015	-0.0017	-0.0013	-0.0012
30	0.0032	0.0046	0.0042	0.0088	0.0090	0.0108	0.0150	0.0078	0.0021	-0.0029	-0.0024	-0.0014



## B.2 – ÍNDICE MEI

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0426	0.0212	0.0283	0.0555	0.0400	0.0318	0.0124	0.0230	0.0143	0.0066	0.0145	0.0357
5	0.0197	0.0130	0.0305	0.0452	0.0352	0.0126	0.0114	0.0152	0.0101	0.0064	0.0107	0.0210
6	0.0231	0.0213	0.0281	0.0437	0.0187	0.0071	0.0049	0.0052	0.0060	-0.0067	0.0071	0.0189
7	0.0123	0.0194	0.0206	0.0375	0.0143	-0.0001	0.0004	0.0080	0.0052	-0.0075	0.0059	0.0231
8	0.0134	0.0109	0.0134	0.0320	0.0001	0.0026	-0.0002	0.0050	0.0063	-0.0038	0.0070	0.0225
9	0.0132	0.0055	0.0126	0.0238	-0.0029	0.0055	-0.0019	0.0030	0.0001	-0.0034	0.0022	0.0153
10	0.0099	-0.0023	0.0076	0.0177	-0.0002	0.0079	-0.0005	0.0044	-0.0047	-0.0015	-0.0003	0.0170
11	0.0153	0.0001	0.0099	0.0177	0.0042	0.0107	0.0018	0.0032	-0.0059	-0.0058	-0.0017	0.0123
12	0.0172	0.0021	0.0091	0.0131	0.0043	0.0065	0.0011	0.0008	-0.0070	-0.0042	-0.0031	0.0107
13	0.0192	0.0060	0.0082	0.0107	0.0051	0.0077	0.0021	-0.0001	-0.0042	-0.0037	0.0026	0.0123
14	0.0214	0.0080	0.0086	0.0102	0.0081	0.0071	0.0041	0.0042	-0.0009	-0.0008	0.0041	0.0117
15	0.0221	0.0080	0.0094	0.0087	0.0084	0.0031	0.0027	0.0039	-0.0018	0.0010	0.0017	0.0125
16	0.0200	0.0115	0.0094	0.0084	0.0075	0.0026	0.0044	0.0055	0.0013	0.0016	0.0030	0.0110
17	0.0180	0.0120	0.0076	0.0098	0.0063	0.0023	0.0050	0.0025	0.0016	-0.0007	0.0043	0.0077
18	0.0172	0.0115	0.0076	0.0089	0.0072	0.0052	0.0037	0.0037	0.0026	-0.0017	0.0050	0.0070
19	0.0186	0.0110	0.0063	0.0089	0.0075	0.0028	0.0034	0.0040	0.0001	0.0007	0.0031	0.0070
20	0.0193	0.0116	0.0069	0.0091	0.0078	0.0032	0.0027	0.0028	0.0004	0.0000	0.0004	0.0074
21	0.0187	0.0111	0.0068	0.0100	0.0093	0.0028	0.0036	0.0041	-0.0014	-0.0025	0.0013	0.0053
22	0.0166	0.0113	0.0066	0.0080	0.0094	0.0012	0.0020	0.0032	-0.0021	-0.0021	0.0004	0.0049
23	0.0172	0.0125	0.0070	0.0076	0.0090	0.0018	0.0035	0.0032	-0.0023	-0.0024	-0.0007	0.0049
24	0.0157	0.0107	0.0067	0.0073	0.0068	0.0029	0.0030	0.0006	-0.0018	-0.0017	-0.0026	0.0056
25	0.0148	0.0108	0.0071	0.0080	0.0061	0.0021	0.0037	0.0020	-0.0004	-0.0008	-0.0028	0.0042
26	0.0115	0.0109	0.0058	0.0074	0.0059	0.0021	0.0019	0.0032	0.0000	-0.0008	-0.0030	0.0046
27	0.0115	0.0092	0.0049	0.0065	0.0062	0.0011	0.0022	0.0019	0.0029	-0.0017	-0.0032	0.0040
28	0.0117	0.0093	0.0049	0.0079	0.0044	-0.0004	0.0020	0.0027	0.0033	-0.0014	-0.0032	0.0024
29	0.0119	0.0101	0.0054	0.0053	0.0052	-0.0014	0.0029	0.0031	0.0033	-0.0027	-0.0020	0.0032
30	0.0120	0.0101	0.0067	0.0056	0.0030	-0.0011	0.0004	0.0038	0.0031	-0.0035	-0.0016	0.0034

## B.3 – ÍNDICE ONI

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0339	0.0446	0.0510	0.0413	0.0375	0.0180	0.0784	0.0663	0.0419	0.0260	0.0289	0.0501
5	0.0330	0.0411	0.0392	0.0256	0.0096	0.0200	0.0637	0.0410	0.0382	0.0140	0.0281	0.0353
6	0.0356	0.0298	0.0268	0.0125	0.0112	0.0123	0.0529	0.0395	0.0319	0.0092	0.0210	0.0223
7	0.0274	0.0196	0.0179	0.0069	0.0138	0.0088	0.0491	0.0312	0.0167	0.0103	0.0098	0.0195
8	0.0280	0.0238	0.0162	0.0073	0.0111	0.0151	0.0344	0.0334	0.0083	0.0145	0.0104	0.0176
9	0.0238	0.0228	0.0106	0.0064	0.0044	0.0108	0.0255	0.0258	0.0141	0.0113	0.0125	0.0133
10	0.0268	0.0189	0.0100	0.0106	0.0017	0.0060	0.0253	0.0211	0.0117	0.0112	0.0057	0.0127
11	0.0243	0.0201	0.0077	0.0103	0.0010	0.0072	0.0164	0.0231	0.0086	0.0088	0.0054	0.0109
12	0.0237	0.0252	0.0085	0.0059	0.0002	0.0069	0.0099	0.0203	0.0076	0.0060	0.0022	0.0092
13	0.0216	0.0219	0.0094	0.0092	0.0011	0.0040	0.0112	0.0191	0.0084	0.0014	-0.0016	0.0089
14	0.0187	0.0159	0.0101	0.0099	0.0033	0.0041	0.0095	0.0171	0.0093	0.0007	0.0000	0.0076
15	0.0155	0.0148	0.0110	0.0095	0.0041	0.0052	0.0134	0.0176	0.0052	0.0021	0.0009	0.0049
16	0.0151	0.0175	0.0082	0.0104	0.0039	0.0066	0.0130	0.0160	0.0060	0.0053	0.0046	0.0046
17	0.0150	0.0171	0.0073	0.0090	0.0050	0.0096	0.0130	0.0172	0.0068	0.0055	0.0051	0.0032
18	0.0159	0.0146	0.0081	0.0098	0.0049	0.0082	0.0137	0.0179	0.0042	0.0065	0.0012	0.0029
19	0.0152	0.0160	0.0064	0.0074	0.0070	0.0074	0.0120	0.0182	0.0035	0.0067	0.0020	0.0042
20	0.0153	0.0156	0.0093	0.0074	0.0044	0.0073	0.0119	0.0155	0.0033	0.0061	0.0026	0.0062
21	0.0161	0.0134	0.0095	0.0083	0.0041	0.0088	0.0111	0.0120	0.0040	0.0055	0.0027	0.0054
22	0.0152	0.0125	0.0078	0.0065	0.0058	0.0082	0.0109	0.0103	0.0053	0.0048	0.0025	0.0032
23	0.0128	0.0114	0.0077	0.0078	0.0067	0.0067	0.0117	0.0108	0.0048	0.0042	0.0043	0.0040
24	0.0112	0.0105	0.0085	0.0061	0.0067	0.0057	0.0121	0.0104	0.0033	0.0036	0.0055	0.0038
25	0.0108	0.0084	0.0091	0.0058	0.0077	0.0069	0.0098	0.0093	0.0003	0.0028	0.0044	0.0057
26	0.0084	0.0083	0.0091	0.0063	0.0088	0.0066	0.0086	0.0095	-0.0007	0.0042	0.0051	0.0048
27	0.0075	0.0075	0.0084	0.0051	0.0089	0.0078	0.0099	0.0095	-0.0015	0.0021	0.0046	0.0062
28	0.0074	0.0062	0.0075	0.0075	0.0075	0.0073	0.0104	0.0098	-0.0004	0.0028	0.0043	0.0063
29	0.0082	0.0025	0.0075	0.0082	0.0072	0.0082	0.0090	0.0070	0.0006	0.0026	0.0037	0.0055
30	0.0087	0.0025	0.0075	0.0098	0.0073	0.0093	0.0083	0.0071	0.0013	0.0024	0.0043	0.0041

## B.4 – ÍNDICE SOI

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0341	0.0450	0.0347	0.0484	0.0182	-0.0061	0.0069	0.0209	0.0387	0.0288	-0.0042	0.0274
5	0.0100	0.0403	0.0237	0.0509	0.0165	0.0029	0.0120	0.0069	0.0366	0.0233	-0.0048	0.0366
6	0.0091	0.0317	0.0174	0.0465	0.0210	-0.0064	0.0086	0.0118	0.0326	0.0287	-0.0011	0.0360
7	0.0059	0.0346	0.0151	0.0367	0.0218	-0.0051	0.0058	0.0107	0.0364	0.0201	-0.0030	0.0267
8	0.0055	0.0238	0.0110	0.0308	0.0332	-0.0030	0.0090	0.0102	0.0301	0.0134	-0.0001	0.0229
9	0.0020	0.0249	0.0038	0.0285	0.0344	-0.0033	0.0063	0.0104	0.0302	0.0132	-0.0019	0.0205
10	-0.0004	0.0242	0.0036	0.0265	0.0299	0.0045	0.0062	0.0080	0.0252	0.0085	-0.0079	0.0183
11	-0.0040	0.0208	0.0049	0.0265	0.0288	0.0037	0.0076	0.0095	0.0225	0.0082	-0.0064	0.0154
12	-0.0036	0.0163	0.0053	0.0274	0.0328	0.0061	0.0025	0.0045	0.0204	0.0065	-0.0081	0.0097
13	-0.0026	0.0122	0.0052	0.0221	0.0321	0.0057	0.0017	-0.0019	0.0156	0.0082	-0.0072	0.0070
14	-0.0057	0.0116	0.0045	0.0213	0.0318	0.0045	0.0038	-0.0019	0.0154	0.0058	-0.0083	0.0015
15	-0.0077	0.0088	0.0005	0.0207	0.0291	0.0047	0.0046	-0.0017	0.0118	0.0054	-0.0069	-0.0025
16	-0.0071	0.0064	0.0002	0.0179	0.0284	0.0084	0.0037	-0.0005	0.0102	0.0058	-0.0043	-0.0020
17	-0.0093	0.0044	0.0024	0.0164	0.0286	0.0079	0.0033	-0.0007	0.0102	0.0024	-0.0038	0.0000
18	-0.0086	0.0055	0.0029	0.0143	0.0263	0.0064	0.0017	0.0004	0.0077	0.0053	-0.0024	-0.0026
19	-0.0089	0.0031	0.0031	0.0115	0.0249	0.0048	0.0007	-0.0008	0.0063	0.0044	-0.0045	-0.0042
20	-0.0062	0.0028	0.0016	0.0080	0.0248	0.0055	0.0019	-0.0008	0.0047	0.0027	-0.0048	-0.0041
21	-0.0049	0.0020	-0.0005	0.0085	0.0249	0.0043	-0.0015	-0.0005	0.0034	0.0018	-0.0047	-0.0035
22	-0.0024	0.0013	-0.0014	0.0079	0.0238	0.0063	-0.0020	-0.0015	0.0033	0.0011	-0.0041	-0.0056
23	-0.0027	0.0026	-0.0005	0.0075	0.0226	0.0057	-0.0016	-0.0016	0.0017	0.0017	-0.0029	-0.0055
24	-0.0028	0.0013	-0.0017	0.0061	0.0221	0.0074	-0.0018	-0.0025	0.0002	-0.0012	-0.0022	-0.0044
25	-0.0045	-0.0001	-0.0006	0.0069	0.0211	0.0064	-0.0018	-0.0033	-0.0001	-0.0010	-0.0042	-0.0048
26	-0.0044	0.0004	-0.0013	0.0071	0.0195	0.0060	-0.0021	-0.0021	0.0001	0.0004	-0.0051	-0.0046
27	-0.0050	-0.0004	0.0011	0.0068	0.0186	0.0075	-0.0011	-0.0020	-0.0004	0.0012	-0.0052	-0.0042
28	-0.0042	-0.0022	0.0022	0.0070	0.0179	0.0085	-0.0007	-0.0027	-0.0002	-0.0003	-0.0058	-0.0051
29	-0.0053	-0.0018	0.0017	0.0085	0.0190	0.0088	-0.0016	-0.0039	-0.0009	0.0006	-0.0055	-0.0065
30	-0.0048	-0.0010	0.0020	0.0081	0.0187	0.0082	-0.0016	-0.0057	-0.0003	-0.0011	-0.0050	-0.0054

## B.5 – ÍNDICE TNI

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0034	0.0201	0.0082	0.0334	0.0382	0.0199	0.0096	0.0159	0.0168	0.0044	0.0406	0.0209
5	0.0020	0.0128	0.0036	0.0257	0.0311	0.0251	0.0132	-0.0057	0.0120	0.0140	0.0382	0.0185
6	0.0032	0.0171	0.0134	0.0130	0.0228	0.0228	0.0200	-0.0026	0.0118	0.0098	0.0355	0.0212
7	0.0016	0.0213	0.0094	0.0009	0.0184	0.0187	0.0223	0.0031	0.0095	0.0066	0.0443	0.0235
8	0.0070	0.0209	0.0045	0.0020	0.0175	0.0146	0.0171	0.0058	0.0078	0.0055	0.0328	0.0200
9	0.0055	0.0179	0.0055	0.0035	0.0177	0.0136	0.0184	0.0046	0.0098	0.0075	0.0323	0.0203
10	0.0065	0.0204	0.0063	0.0036	0.0154	0.0160	0.0140	-0.0013	0.0078	0.0060	0.0258	0.0146
11	0.0024	0.0213	0.0072	0.0055	0.0154	0.0138	0.0157	-0.0025	0.0051	0.0029	0.0204	0.0186
12	0.0020	0.0205	0.0067	0.0094	0.0165	0.0115	0.0160	0.0017	0.0067	-0.0001	0.0208	0.0173
13	0.0040	0.0156	0.0068	0.0076	0.0148	0.0124	0.0182	0.0027	0.0081	0.0010	0.0205	0.0146
14	0.0011	0.0125	0.0072	0.0078	0.0140	0.0124	0.0192	0.0086	0.0079	-0.0006	0.0180	0.0139
15	-0.0007	0.0120	0.0080	0.0089	0.0134	0.0092	0.0204	0.0083	0.0072	-0.0023	0.0171	0.0116
16	0.0014	0.0106	0.0062	0.0072	0.0139	0.0114	0.0205	0.0081	0.0072	-0.0005	0.0136	0.0101
17	0.0020	0.0074	0.0068	0.0092	0.0126	0.0127	0.0211	0.0065	0.0063	0.0014	0.0104	0.0095
18	0.0002	0.0072	0.0046	0.0101	0.0136	0.0140	0.0199	0.0091	0.0105	-0.0001	0.0078	0.0095
19	0.0003	0.0051	0.0057	0.0106	0.0129	0.0140	0.0226	0.0097	0.0090	0.0005	0.0030	0.0094
20	0.0012	0.0024	0.0057	0.0116	0.0136	0.0119	0.0220	0.0102	0.0082	-0.0020	0.0022	0.0082
21	-0.0003	0.0038	0.0070	0.0116	0.0126	0.0116	0.0217	0.0110	0.0054	-0.0018	0.0007	0.0064
22	0.0020	0.0042	0.0066	0.0113	0.0138	0.0118	0.0210	0.0103	0.0057	0.0009	-0.0012	0.0044
23	0.0013	0.0027	0.0052	0.0105	0.0132	0.0114	0.0219	0.0111	0.0055	0.0000	-0.0002	0.0008
24	0.0008	0.0026	0.0054	0.0106	0.0123	0.0112	0.0218	0.0109	0.0048	-0.0014	-0.0003	-0.0002
25	-0.0001	0.0036	0.0055	0.0100	0.0127	0.0108	0.0212	0.0106	0.0033	-0.0031	-0.0011	0.0004
26	0.0010	0.0034	0.0073	0.0102	0.0104	0.0088	0.0204	0.0124	0.0042	-0.0016	-0.0004	-0.0001
27	0.0024	0.0014	0.0040	0.0100	0.0107	0.0095	0.0200	0.0124	0.0033	-0.0025	-0.0002	-0.0014
28	0.0031	0.0035	0.0036	0.0085	0.0105	0.0088	0.0194	0.0104	0.0021	-0.0015	-0.0014	-0.0010
29	0.0030	0.0029	0.0042	0.0080	0.0091	0.0103	0.0168	0.0090	0.0015	-0.0017	-0.0013	-0.0012
30	0.0032	0.0046	0.0042	0.0088	0.0090	0.0108	0.0150	0.0078	0.0021	-0.0029	-0.0024	-0.0014

## B.6 – ÍNDICE NINO 1+2

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	-0.0014	0.0411	0.0506	0.0475	0.0298	0.0098	0.0333	0.0548	0.0309	-0.0053	0.0334	0.0235
5	-0.0007	0.0178	0.0363	0.0404	0.0281	-0.0020	0.0220	0.0393	0.0193	-0.0100	0.0266	0.0188
6	0.0032	0.0184	0.0268	0.0368	0.0218	-0.0085	0.0132	0.0373	0.0143	-0.0087	0.0048	0.0081
7	0.0017	0.0195	0.0231	0.0333	0.0134	-0.0100	0.0073	0.0340	0.0105	-0.0105	0.0047	0.0097
8	0.0028	0.0156	0.0121	0.0283	0.0140	-0.0163	0.0019	0.0312	0.0080	-0.0084	0.0045	0.0090
9	0.0016	0.0105	0.0071	0.0191	0.0143	-0.0141	-0.0045	0.0254	0.0097	-0.0115	-0.0009	0.0079
10	0.0076	0.0102	0.0104	0.0173	0.0092	-0.0114	-0.0060	0.0250	0.0091	-0.0149	-0.0017	0.0067
11	0.0094	0.0060	0.0065	0.0171	0.0110	-0.0084	-0.0045	0.0159	0.0025	-0.0113	-0.0042	0.0034
12	0.0143	0.0080	0.0080	0.0175	0.0156	-0.0037	-0.0018	0.0137	0.0005	-0.0134	-0.0046	-0.0004
13	0.0123	0.0044	0.0055	0.0206	0.0117	-0.0035	-0.0037	0.0109	-0.0002	-0.0127	-0.0008	0.0005
14	0.0140	0.0067	0.0049	0.0179	0.0087	-0.0020	-0.0031	0.0077	-0.0023	-0.0094	-0.0019	0.0028
15	0.0138	0.0088	0.0054	0.0167	0.0103	-0.0023	-0.0042	0.0077	-0.0028	-0.0074	0.0022	0.0026
16	0.0146	0.0088	0.0035	0.0158	0.0099	-0.0029	-0.0054	0.0070	-0.0023	-0.0053	0.0030	0.0039
17	0.0162	0.0103	0.0024	0.0138	0.0103	-0.0040	-0.0060	0.0065	-0.0022	-0.0036	0.0033	0.0038
18	0.0147	0.0113	0.0039	0.0130	0.0094	-0.0041	-0.0038	0.0060	-0.0007	-0.0041	0.0041	0.0073
19	0.0163	0.0125	0.0069	0.0135	0.0104	-0.0027	-0.0032	0.0067	0.0003	-0.0039	0.0039	0.0094
20	0.0155	0.0099	0.0067	0.0126	0.0090	-0.0040	-0.0027	0.0068	0.0023	-0.0052	0.0057	0.0075
21	0.0143	0.0096	0.0055	0.0104	0.0077	-0.0028	0.0001	0.0085	0.0026	-0.0036	0.0043	0.0075
22	0.0139	0.0116	0.0048	0.0087	0.0052	-0.0019	0.0004	0.0088	0.0007	-0.0041	0.0053	0.0092
23	0.0125	0.0120	0.0036	0.0082	0.0067	-0.0006	0.0019	0.0072	0.0005	-0.0041	0.0057	0.0095
24	0.0121	0.0105	0.0041	0.0084	0.0082	0.0000	0.0028	0.0068	0.0014	-0.0047	0.0053	0.0092
25	0.0129	0.0114	0.0033	0.0073	0.0076	-0.0001	0.0031	0.0063	0.0002	-0.0047	0.0063	0.0089
26	0.0121	0.0096	0.0029	0.0077	0.0071	0.0001	0.0032	0.0077	0.0001	-0.0052	0.0061	0.0084
27	0.0105	0.0083	0.0008	0.0080	0.0080	0.0014	0.0032	0.0070	-0.0002	-0.0042	0.0073	0.0093
28	0.0086	0.0075	0.0015	0.0058	0.0065	0.0012	0.0045	0.0062	-0.0002	-0.0028	0.0085	0.0087
29	0.0079	0.0076	0.0007	0.0072	0.0067	0.0023	0.0029	0.0070	-0.0001	-0.0040	0.0094	0.0099
30	0.0085	0.0085	0.0004	0.0072	0.0058	0.0019	0.0027	0.0067	-0.0007	-0.0019	0.0094	0.0105

## B.7 – ÍNDICE NINO 3

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0209	0.0322	0.0115	0.0142	0.0192	0.0066	0.0354	0.0354	0.0282	0.0368	0.0350	0.0266
5	0.0149	0.0362	0.0120	0.0067	0.0131	0.0057	0.0207	0.0283	0.0331	0.0281	0.0252	0.0200
6	0.0053	0.0421	0.0110	0.0062	0.0135	0.0115	0.0132	0.0286	0.0265	0.0231	0.0276	0.0085
7	0.0000	0.0297	0.0042	0.0039	0.0004	0.0054	0.0196	0.0233	0.0256	0.0290	0.0139	0.0055
8	-0.0047	0.0276	0.0068	0.0033	0.0010	0.0014	0.0227	0.0295	0.0179	0.0221	0.0162	0.0066
9	-0.0020	0.0215	0.0087	0.0096	0.0012	0.0040	0.0239	0.0330	0.0153	0.0188	0.0134	0.0104
10	-0.0005	0.0167	0.0079	0.0078	-0.0011	0.0014	0.0249	0.0240	0.0067	0.0147	0.0153	0.0099
11	0.0015	0.0156	0.0111	0.0076	-0.0018	0.0072	0.0250	0.0186	0.0044	0.0120	0.0106	0.0094
12	0.0009	0.0145	0.0090	0.0040	0.0002	0.0073	0.0173	0.0170	0.0044	0.0103	0.0148	0.0128
13	0.0000	0.0138	0.0120	0.0065	-0.0001	0.0098	0.0173	0.0149	-0.0008	0.0132	0.0166	0.0104
14	0.0026	0.0095	0.0111	0.0046	-0.0016	0.0059	0.0150	0.0143	0.0014	0.0144	0.0147	0.0097
15	0.0040	0.0087	0.0086	0.0045	0.0018	0.0067	0.0135	0.0136	0.0020	0.0107	0.0145	0.0094
16	0.0028	0.0067	0.0083	0.0083	0.0024	0.0062	0.0138	0.0105	0.0043	0.0102	0.0141	0.0097
17	0.0007	0.0083	0.0075	0.0063	0.0033	0.0054	0.0142	0.0117	0.0069	0.0111	0.0134	0.0081
18	-0.0006	0.0069	0.0057	0.0080	0.0010	0.0075	0.0129	0.0105	0.0054	0.0123	0.0130	0.0077
19	0.0017	0.0049	0.0075	0.0086	0.0029	0.0060	0.0126	0.0063	0.0067	0.0102	0.0102	0.0074
20	0.0034	0.0043	0.0069	0.0055	0.0013	0.0046	0.0113	0.0063	0.0054	0.0102	0.0094	0.0065
21	0.0024	0.0041	0.0072	0.0050	0.0013	0.0040	0.0123	0.0053	0.0071	0.0088	0.0086	0.0061
22	0.0011	0.0030	0.0084	0.0028	0.0031	0.0053	0.0107	0.0056	0.0075	0.0079	0.0089	0.0038
23	0.0016	0.0020	0.0068	0.0020	0.0051	0.0052	0.0110	0.0059	0.0094	0.0080	0.0066	0.0052
24	0.0020	0.0013	0.0078	0.0024	0.0041	0.0050	0.0099	0.0069	0.0090	0.0065	0.0061	0.0046
25	0.0016	0.0003	0.0084	0.0027	0.0057	0.0050	0.0095	0.0071	0.0070	0.0060	0.0055	0.0046
26	0.0010	0.0008	0.0073	0.0024	0.0067	0.0060	0.0103	0.0069	0.0068	0.0071	0.0069	0.0033
27	0.0019	0.0001	0.0062	0.0026	0.0058	0.0068	0.0085	0.0090	0.0072	0.0073	0.0071	0.0042
28	0.0036	-0.0008	0.0061	0.0026	0.0048	0.0050	0.0079	0.0076	0.0057	0.0069	0.0055	0.0036
29	0.0031	-0.0016	0.0064	0.0035	0.0042	0.0045	0.0084	0.0060	0.0061	0.0060	0.0057	0.0018
30	0.0021	-0.0002	0.0054	0.0034	0.0040	0.0056	0.0082	0.0047	0.0075	0.0066	0.0067	0.0022

### B.8– ÍNDICE NINO 3.4

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0266	0.0376	0.0390	0.0447	0.0270	0.0368	0.0480	0.0517	0.0459	0.0448	0.0328	0.0435
5	0.0173	0.0209	0.0326	0.0357	0.0195	0.0183	0.0351	0.0573	0.0435	0.0185	0.0202	0.0295
6	0.0017	0.0213	0.0246	0.0397	0.0305	0.0156	0.0256	0.0544	0.0344	0.0176	0.0180	0.0106
7	0.0027	0.0179	0.0196	0.0318	0.0326	0.0189	0.0206	0.0461	0.0324	0.0075	0.0127	0.0064
8	0.0068	0.0200	0.0147	0.0297	0.0289	0.0194	0.0158	0.0418	0.0225	0.0075	0.0081	0.0050
9	0.0054	0.0201	0.0103	0.0285	0.0216	0.0100	0.0137	0.0392	0.0135	0.0074	0.0108	0.0012
10	0.0091	0.0174	0.0050	0.0210	0.0213	0.0123	0.0054	0.0351	0.0157	0.0044	0.0077	-0.0010
11	0.0127	0.0165	0.0050	0.0195	0.0171	0.0095	0.0046	0.0255	0.0160	0.0050	0.0072	-0.0041
12	0.0136	0.0119	0.0069	0.0248	0.0157	0.0087	0.0022	0.0230	0.0105	0.0050	0.0073	-0.0017
13	0.0120	0.0136	0.0078	0.0224	0.0195	0.0099	0.0030	0.0184	0.0107	0.0036	0.0067	-0.0006
14	0.0124	0.0106	0.0073	0.0183	0.0196	0.0141	0.0063	0.0175	0.0098	0.0065	0.0053	-0.0009
15	0.0117	0.0092	0.0105	0.0200	0.0177	0.0114	0.0065	0.0164	0.0089	0.0044	0.0042	-0.0037
16	0.0075	0.0075	0.0092	0.0195	0.0171	0.0083	0.0071	0.0155	0.0082	0.0050	0.0051	-0.0002
17	0.0055	0.0070	0.0093	0.0179	0.0170	0.0074	0.0075	0.0164	0.0075	0.0056	0.0046	0.0008
18	0.0051	0.0071	0.0118	0.0159	0.0167	0.0075	0.0090	0.0155	0.0095	0.0067	0.0035	0.0009
19	0.0046	0.0065	0.0108	0.0166	0.0181	0.0088	0.0102	0.0147	0.0091	0.0055	0.0017	-0.0005
20	0.0016	0.0069	0.0098	0.0174	0.0150	0.0074	0.0064	0.0146	0.0090	0.0068	0.0012	0.0013
21	0.0021	0.0086	0.0092	0.0172	0.0124	0.0086	0.0089	0.0135	0.0094	0.0069	0.0037	0.0011
22	0.0009	0.0102	0.0108	0.0167	0.0111	0.0100	0.0094	0.0135	0.0098	0.0068	0.0024	0.0003
23	0.0012	0.0084	0.0091	0.0158	0.0101	0.0087	0.0105	0.0134	0.0112	0.0046	0.0022	0.0008
24	0.0010	0.0068	0.0075	0.0118	0.0097	0.0075	0.0112	0.0136	0.0122	0.0017	0.0026	-0.0003
25	0.0015	0.0053	0.0063	0.0109	0.0096	0.0074	0.0104	0.0124	0.0079	0.0007	0.0022	0.0004
26	0.0006	0.0035	0.0055	0.0113	0.0084	0.0073	0.0106	0.0121	0.0071	0.0008	0.0026	0.0003
27	0.0016	0.0027	0.0054	0.0087	0.0080	0.0072	0.0103	0.0114	0.0075	0.0015	0.0024	-0.0009
28	0.0011	0.0029	0.0052	0.0072	0.0064	0.0071	0.0101	0.0118	0.0071	0.0017	0.0026	-0.0009
29	0.0010	0.0042	0.0029	0.0062	0.0058	0.0083	0.0099	0.0124	0.0072	0.0004	0.0029	-0.0016
30	0.0012	0.0041	0.0027	0.0052	0.0071	0.0102	0.0089	0.0122	0.0058	-0.0002	0.0027	-0.0007



## B.9 – ÍNDICE NINO 4

K	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0.0341	0.0450	0.0347	0.0484	0.0182	-0.0061	0.0069	0.0209	0.0387	0.0288	-0.0042	0.0274
5	0.0100	0.0403	0.0237	0.0509	0.0165	0.0029	0.0120	0.0069	0.0366	0.0233	-0.0048	0.0366
6	0.0091	0.0317	0.0174	0.0465	0.0210	-0.0064	0.0086	0.0118	0.0326	0.0287	-0.0011	0.0360
7	0.0059	0.0346	0.0151	0.0367	0.0218	-0.0051	0.0058	0.0107	0.0364	0.0201	-0.0030	0.0267
8	0.0055	0.0238	0.0110	0.0308	0.0332	-0.0030	0.0090	0.0102	0.0301	0.0134	-0.0001	0.0229
9	0.0020	0.0249	0.0038	0.0285	0.0344	-0.0033	0.0063	0.0104	0.0302	0.0132	-0.0019	0.0205
10	-0.0004	0.0242	0.0036	0.0265	0.0299	0.0045	0.0062	0.0080	0.0252	0.0085	-0.0079	0.0183
11	-0.0040	0.0208	0.0049	0.0265	0.0288	0.0037	0.0076	0.0095	0.0225	0.0082	-0.0064	0.0154
12	-0.0036	0.0163	0.0053	0.0274	0.0328	0.0061	0.0025	0.0045	0.0204	0.0065	-0.0081	0.0097
13	-0.0026	0.0122	0.0052	0.0221	0.0321	0.0057	0.0017	-0.0019	0.0156	0.0082	-0.0072	0.0070
14	-0.0057	0.0116	0.0045	0.0213	0.0318	0.0045	0.0038	-0.0019	0.0154	0.0058	-0.0083	0.0015
15	-0.0077	0.0088	0.0005	0.0207	0.0291	0.0047	0.0046	-0.0017	0.0118	0.0054	-0.0069	-0.0025
16	-0.0071	0.0064	0.0002	0.0179	0.0284	0.0084	0.0037	-0.0005	0.0102	0.0058	-0.0043	-0.0020
17	-0.0093	0.0044	0.0024	0.0164	0.0286	0.0079	0.0033	-0.0007	0.0102	0.0024	-0.0038	0.0000
18	-0.0086	0.0055	0.0029	0.0143	0.0263	0.0064	0.0017	0.0004	0.0077	0.0053	-0.0024	-0.0026
19	-0.0089	0.0031	0.0031	0.0115	0.0249	0.0048	0.0007	-0.0008	0.0063	0.0044	-0.0045	-0.0042
20	-0.0062	0.0028	0.0016	0.0080	0.0248	0.0055	0.0019	-0.0008	0.0047	0.0027	-0.0048	-0.0041
21	-0.0049	0.0020	-0.0005	0.0085	0.0249	0.0043	-0.0015	-0.0005	0.0034	0.0018	-0.0047	-0.0035
22	-0.0024	0.0013	-0.0014	0.0079	0.0238	0.0063	-0.0020	-0.0015	0.0033	0.0011	-0.0041	-0.0056
23	-0.0027	0.0026	-0.0005	0.0075	0.0226	0.0057	-0.0016	-0.0016	0.0017	0.0017	-0.0029	-0.0055
24	-0.0028	0.0013	-0.0017	0.0061	0.0221	0.0074	-0.0018	-0.0025	0.0002	-0.0012	-0.0022	-0.0044
25	-0.0045	-0.0001	-0.0006	0.0069	0.0211	0.0064	-0.0018	-0.0033	-0.0001	-0.0010	-0.0042	-0.0048
26	-0.0044	0.0004	-0.0013	0.0071	0.0195	0.0060	-0.0021	-0.0021	0.0001	0.0004	-0.0051	-0.0046
27	-0.0050	-0.0004	0.0011	0.0068	0.0186	0.0075	-0.0011	-0.0020	-0.0004	0.0012	-0.0052	-0.0042
28	-0.0042	-0.0022	0.0022	0.0070	0.0179	0.0085	-0.0007	-0.0027	-0.0002	-0.0003	-0.0058	-0.0051
29	-0.0053	-0.0018	0.0017	0.0085	0.0190	0.0088	-0.0016	-0.0039	-0.0009	0.0006	-0.0055	-0.0065
30	-0.0048	-0.0010	0.0020	0.0081	0.0187	0.0082	-0.0016	-0.0057	-0.0003	-0.0011	-0.0050	-0.0054

## APÊNDICE C – RESULTADOS DE TE

## C1 – ÍNDICE BEST

(continua)

[illegible]



(continuação)

[illegible]

(continuação)

[illegible]

(continuação)

[illegible]

[illegible]



## C2 – ÍNDICE MEI

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0168	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0168	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186	0.0000	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0189	0.0243	0.0261	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.0193	0.0220	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.0185	0.0227	0.0194	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0115	0.0169	0.0207	0.0212	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0152	0.0210	0.0211	0.0215	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0199	0.0236	0.0243	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0187	0.0257	0.0229	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0154	0.0000	0.0228	0.0199	0.0158	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0177	0.0223	0.0251	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0156	0.0206	0.0221	0.0269	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0196	0.0183	0.0203	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0202	0.0207	0.0230	0.0142	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0091	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0191	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0000	0.0000	0.0085	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110	0.0142	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0134	0.0162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0148	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27	0.0092	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0172	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
28	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0191	0.0197	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000
29	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0219	0.0204	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0144	0.0212	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117
32	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	0.0155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	0.0000	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0172	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0213	0.0232	0.0244	0.0164	0.0000	0.0000	0.0000
46	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0117	0.0249	0.0227	0.0173	0.0155	0.0000	0.0000	0.0000
47	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0154	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132
48	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0150	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0228	0.0279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50	0.0000	0.0126	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	0.0000	0.0000	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167
57	0.0133	0.0000	0.0000	0.0151	0.0244	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185
61	0.0000	0.0000	0.0182	0.0203	0.0181	0.0156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62	0.0000	0.0000	0.0188	0.0205	0.0163	0.0172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63	0.0000	0.0000	0.0000	0.0219	0.0183	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
66	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0218	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
71	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0174	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
72	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0129	0.0159	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

[illegible]

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
115	0.0209	0.0140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127
117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0166	0.0173	0.0155	0.0145	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0189	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0150	0.0000	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000
132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0191	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0205	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0279	0.0203	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000
141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0151	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0174	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0142	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0152	0.0142	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.0220	0.0172	0.0155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0206	0.0273	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0163	0.0172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0297	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0213	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0129	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0122	0.0140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0205	0.0204	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
178	0.0122	0.0140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0205	0.0204	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0191	0.0210	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0178	0.0188	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.0203	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0124	0.0167	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000
203	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0214	0.0207	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
204	0.0138	0.0150	0.0179	0.0144	0.0148	0.0164	0.0092	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0112	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
228	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
229	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0216	0.0306	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
251	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0186	0.0152	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0141	0.0148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
253	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0186	0.0175	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0166	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
262	0.0096	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0184	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
272	0.0267	0.0313	0.0305	0.0343	0.0263	0.0261	0.0255	0.0226	0.0244	0.0242	0.0000	0.0000

(conclusão)

Defasagem												
Código usina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
275	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
276	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
277	0.0341	0.0263	0.0248	0.0256	0.0000	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0115
278	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
280	0.0131	0.0155	0.0181	0.0148	0.0153	0.0162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
281	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0000	0.0000	0.0173
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
284	0.0129	0.0157	0.0170	0.0148	0.0164	0.0165	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
286	0.0286	0.0226	0.0231	0.0192	0.0189	0.0188	0.0143	0.0129	0.0165	0.0135	0.0000	0.0000
287	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0167	0.0213	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
305	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0167	0.0213	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
312	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
314	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
315	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

## C3 – ÍNDICE ONI

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0132	0.0182	0.0252	0.0230	0.0137	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0132	0.0182	0.0252	0.0230	0.0137	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.0288	0.0262	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0177	0.0333	0.0374	0.0271	0.0143	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0234	0.0335	0.0263	0.0142	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.0235	0.0304	0.0263	0.0125	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0222	0.0316	0.0269	0.0142	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0245	0.0315	0.0283	0.0144	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0187	0.0246	0.0340	0.0251	0.0191	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0178	0.0259	0.0269	0.0229	0.0138	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0150	0.0204	0.0230	0.0300	0.0218	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0127	0.0152	0.0119	0.0158	0.0120	0.0199	0.0228	0.0200	0.0124	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0124	0.0150	0.0140	0.0143	0.0000	0.0200	0.0222	0.0198	0.0135	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0133	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0194	0.0249	0.0315	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0165	0.0000	0.0000	0.0000	0.0177	0.0221	0.0264	0.0115	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0211	0.0278	0.0259	0.0281	0.0164	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0206	0.0212	0.0277	0.0300	0.0197	0.0105	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0229	0.0201	0.0231	0.0251	0.0149	0.0000	0.0000
25	0.0190	0.0142	0.0112	0.0000	0.0000	0.0153	0.0206	0.0209	0.0247	0.0126	0.0000	0.0000
26	0.0208	0.0199	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0180	0.0248	0.0264	0.0000	0.0000	0.0000
27	0.0246	0.0201	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0247	0.0248	0.0101	0.0000	0.0000
28	0.0274	0.0221	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0247	0.0259	0.0118	0.0000	0.0000
29	0.0000	0.0000	0.0125	0.0108	0.0184	0.0219	0.0316	0.0396	0.0257	0.0223	0.0000	0.0000
30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0115	0.0201	0.0291	0.0345	0.0323	0.0214	0.0000	0.0000



(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31	0.0158	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0140	0.0202	0.0257	0.0271	0.0174	0.0000	0.0000
32	0.0171	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0199	0.0265	0.0297	0.0180	0.0000	0.0000
33	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0222	0.0227	0.0252	0.0192	0.0000	0.0099
34	0.0235	0.0165	0.0000	0.0000	0.0116	0.0163	0.0251	0.0238	0.0177	0.0130	0.0000	0.0000
37	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0164	0.0000	0.0122	0.0000	0.0000	0.0000
38	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	0.0139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0158	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0183	0.0161	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	0.0180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45	0.0268	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0240	0.0280	0.0190	0.0115	0.0000	0.0000
46	0.0243	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0266	0.0140	0.0000	0.0000	0.0000
47	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0152	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49	0.0159	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0244	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176
50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	0.0124	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61	0.0000	0.0000	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
66	0.0144	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
71	0.0200	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
72	0.0186	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

[illegible]

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
115	0.0202	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0130	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0168
117	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185
120	0.0121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000
122	0.0000	0.0000	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0174	0.0201	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
124	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0209	0.0220	0.0159	0.0000	0.0000	0.0000
126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0156	0.0250	0.0246	0.0176	0.0189	0.0180	0.0184
127	0.0000	0.0098	0.0000	0.0000	0.0147	0.0317	0.0266	0.0320	0.0269	0.0159	0.0114	0.0127
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0227	0.0245	0.0230	0.0179	0.0000	0.0000	0.0000
132	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0209	0.0220	0.0159	0.0000	0.0000	0.0000
133	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0209	0.0220	0.0159	0.0000	0.0000	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0229	0.0227	0.0251	0.0140	0.0137	0.0096	0.0000	0.0000
135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0240	0.0232	0.0263	0.0135	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000
139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.0219	0.0236	0.0180	0.0146	0.0159	0.0000
141	0.0154	0.0147	0.0122	0.0163	0.0174	0.0142	0.0229	0.0251	0.0188	0.0124	0.0000	0.0000
143	0.0157	0.0170	0.0000	0.0000	0.0240	0.0225	0.0305	0.0397	0.0206	0.0121	0.0000	0.0000
144	0.0114	0.0164	0.0000	0.0000	0.0188	0.0215	0.0278	0.0349	0.0192	0.0119	0.0000	0.0000
148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0183	0.0172	0.0191	0.0254	0.0191	0.0187	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0207	0.0246	0.0294	0.0257	0.0202	0.0000	0.0000	0.0000
155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0252	0.0255	0.0274	0.0200	0.0115	0.0000	0.0080
156	0.0106	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0197	0.0175	0.0191	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000
162	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0271	0.0365	0.0238	0.0215	0.0000	0.0000
169	0.0119	0.0131	0.0000	0.0000	0.0126	0.0230	0.0308	0.0258	0.0213	0.0116	0.0113	0.0000
172	0.0090	0.0125	0.0000	0.0000	0.0180	0.0258	0.0299	0.0258	0.0127	0.0114	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0000	0.0114	0.0000	0.0000	0.0188	0.0257	0.0288	0.0270	0.0188	0.0121	0.0101	0.0000
178	0.0000	0.0114	0.0000	0.0000	0.0188	0.0257	0.0288	0.0270	0.0188	0.0121	0.0101	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0225	0.0113	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0103	0.0193	0.0274	0.0298	0.0208	0.0000	0.0000	0.0145
192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0174	0.0246	0.0272	0.0249	0.0203	0.0172	0.0139	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0200	0.0223	0.0255	0.0267	0.0234	0.0179	0.0139	0.0000
195	0.0147	0.0121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164	0.0275	0.0301	0.0245	0.0000	0.0000	0.0000
196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0114	0.0126	0.0096	0.0137	0.0000	0.0000	0.0111
203	0.0000	0.0000	0.0120	0.0000	0.0163	0.0203	0.0286	0.0342	0.0224	0.0185	0.0000	0.0000
204	0.0145	0.0260	0.0187	0.0242	0.0331	0.0221	0.0187	0.0183	0.0277	0.0186	0.0183	0.0125
215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0242	0.0208	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
227	0.0115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0179	0.0231	0.0124	0.0000	0.0000	0.0000
228	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0095	0.0178	0.0238	0.0123	0.0000	0.0000	0.0000
229	0.0104	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000	0.0104	0.0166	0.0269	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0170	0.0268	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0275	0.0307	0.0161	0.0130	0.0000	0.0000
249	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0135	0.0252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164
251	0.0000	0.0115	0.0075	0.0147	0.0213	0.0364	0.0327	0.0280	0.0274	0.0000	0.0000	0.0000
252	0.0000	0.0109	0.0000	0.0113	0.0186	0.0367	0.0340	0.0260	0.0283	0.0124	0.0000	0.0113
253	0.0113	0.0000	0.0000	0.0126	0.0226	0.0349	0.0338	0.0318	0.0251	0.0158	0.0000	0.0000
257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0171	0.0239	0.0288	0.0262	0.0231	0.0000	0.0000	0.0000
261	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0240	0.0309	0.0303	0.0214	0.0000	0.0000	0.0000
262	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0114	0.0266	0.0275	0.0126	0.0107	0.0000	0.0000
267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0184	0.0258	0.0265	0.0213	0.0000	0.0000	0.0098
272	0.0386	0.0340	0.0300	0.0311	0.0311	0.0170	0.0140	0.0262	0.0342	0.0339	0.0236	0.0236

(conclusão)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
275	0.0000	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.0226	0.0215	0.0299	0.0149	0.0000	0.0000
276	0.0185	0.0175	0.0163	0.0127	0.0000	0.0000	0.0142	0.0215	0.0193	0.0166	0.0000	0.0000
277	0.0355	0.0421	0.0405	0.0416	0.0306	0.0181	0.0000	0.0126	0.0235	0.0251	0.0281	0.0244
278	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0252	0.0276	0.0424	0.0199	0.0127	0.0000	0.0000
279	0.0000	0.0080	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0173	0.0171	0.0235	0.0157	0.0000	0.0000
280	0.0153	0.0262	0.0180	0.0254	0.0333	0.0223	0.0188	0.0177	0.0275	0.0186	0.0181	0.0131
281	0.0162	0.0168	0.0154	0.0179	0.0000	0.0106	0.0102	0.0156	0.0224	0.0138	0.0000	0.0158
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0148	0.0000	0.0177	0.0183	0.0000	0.0000	0.0000
284	0.0147	0.0255	0.0193	0.0238	0.0330	0.0226	0.0190	0.0186	0.0267	0.0200	0.0178	0.0138
285	0.0000	0.0000	0.0058	0.0072	0.0067	0.0000	0.0064	0.0060	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000
286	0.0160	0.0166	0.0000	0.0257	0.0286	0.0259	0.0195	0.0185	0.0323	0.0240	0.0273	0.0231
287	0.0000	0.0000	0.0054	0.0065	0.0064	0.0000	0.0000	0.0040	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000
290	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0000	0.0174	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127
304	0.0258	0.0132	0.0211	0.0138	0.0221	0.0203	0.0298	0.0361	0.0273	0.0154	0.0000	0.0000
305	0.0258	0.0132	0.0211	0.0138	0.0221	0.0203	0.0298	0.0361	0.0273	0.0154	0.0000	0.0000
310	0.0000	0.0123	0.0080	0.0000	0.0000	0.0085	0.0267	0.0255	0.0311	0.0109	0.0000	0.0000
311	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0235	0.0169	0.0178	0.0000	0.0129
312	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164	0.0252	0.0163	0.0149	0.0104	0.0115
314	0.0000	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0063	0.0204	0.0270	0.0305	0.0219	0.0138	0.0074
315	0.0151	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0261	0.0212	0.0151	0.0000	0.0142

## C4 – ÍNDICE SOI

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0174	0.0164	0.0000	0.0000	0.0118	0.0180	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0164	0.0000	0.0000	0.0118	0.0180	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0235	0.0161	0.0117	0.0153	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0130	0.0000	0.0154	0.0200	0.0128	0.0132	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0000	0.0134	0.0148	0.0113	0.0142	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0105	0.0093	0.0000	0.0128	0.0166	0.0122	0.0130	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0140	0.0159	0.0136	0.0150	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0102	0.0120	0.0142	0.0122	0.0152	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0114	0.0119	0.0131	0.0139	0.0138	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0148	0.0109	0.0139	0.0152	0.0000	0.0000
14	0.0124	0.0137	0.0122	0.0000	0.0160	0.0211	0.0000	0.0114	0.0224	0.0191	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0127	0.0000	0.0000	0.0156	0.0103	0.0000	0.0134	0.0134	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0150	0.0000	0.0000	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0000	0.0000	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0169	0.0118	0.0117	0.0000
18	0.0000	0.0123	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0000	0.0146	0.0000	0.0185	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0106	0.0170	0.0186	0.0098	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0208	0.0197	0.0124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0103	0.0000	0.0000	0.0176	0.0210	0.0110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	0.0138	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	0.0000	0.0000	0.0090	0.0000	0.0119	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000	0.0107	0.0122	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
28	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0000	0.0104	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0168	0.0184	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	0.0101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0000

(continuação)

[illegible]

(continuação)

[illegible]



(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
115	0.0000	0.0000	0.0159	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
117	0.0179	0.0000	0.0172	0.0104	0.0000	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0113
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0115	0.0000	0.0116	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121	0.0161	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151
122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0155	0.0195	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
123	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0162	0.0168	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000
126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0217	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0196	0.0148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.0000	0.0094
130	0.0000	0.0000	0.0125	0.0000	0.0151	0.0126	0.0170	0.0000	0.0000	0.0166	0.0100	0.0000
132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000
133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0211	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0000
135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0206	0.0159	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0000
139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0096	0.0000	0.0000
144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0000	0.0000
148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0156	0.0000	0.0171
154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0082	0.0000	0.0000	0.0170	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000
156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.0236	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.0122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0166	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0096	0.0094	0.0000	0.0000	0.0122	0.0194	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
178	0.0096	0.0094	0.0000	0.0000	0.0122	0.0194	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
195	0.0110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.0170	0.0105	0.0000	0.0000	0.0169	0.0159	0.0000
196	0.0223	0.0170	0.0235	0.0114	0.0160	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
203	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0121	0.0191	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
204	0.0104	0.0128	0.0000	0.0000	0.0119	0.0096	0.0103	0.0239	0.0234	0.0154	0.0000	0.0000
215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
227	0.0000	0.0091	0.0000	0.0103	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
228	0.0000	0.0095	0.0000	0.0112	0.0101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
229	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0117	0.0000	0.0206	0.0182	0.0180	0.0234	0.0174	0.0000	0.0000	0.0000
249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000
251	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0299	0.0166	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0254	0.0171	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
253	0.0000	0.0000	0.0000	0.0112	0.0204	0.0105	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
257	0.0000	0.0000	0.0102	0.0143	0.0224	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000	0.0000
262	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.0193	0.0155	0.0169	0.0223	0.0166	0.0000	0.0000	0.0000
267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0218	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0093	0.0000	0.0000
272	0.0222	0.0104	0.0162	0.0249	0.0204	0.0216	0.0235	0.0396	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000

(conclusão)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
275	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000	0.0129	0.0000	0.0000	0.0083	0.0000
276	0.0168	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0000	0.0000	0.0000
277	0.0202	0.0169	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0202	0.0000	0.0000	0.0161	0.0000
278	0.0000	0.0000	0.0139	0.0000	0.0174	0.0313	0.0160	0.0116	0.0152	0.0104	0.0000	0.0000
279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0097	0.0000	0.0000	0.0072	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000
280	0.0097	0.0124	0.0000	0.0000	0.0121	0.0092	0.0108	0.0235	0.0234	0.0155	0.0000	0.0000
281	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086	0.0000	0.0000	0.0000
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
284	0.0088	0.0105	0.0000	0.0000	0.0120	0.0104	0.0101	0.0249	0.0235	0.0163	0.0000	0.0000
285	0.0000	0.0053	0.0089	0.0000	0.0000	0.0117	0.0088	0.0113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
286	0.0258	0.0174	0.0000	0.0000	0.0166	0.0000	0.0117	0.0132	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000
287	0.0000	0.0072	0.0091	0.0000	0.0000	0.0128	0.0097	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
290	0.0167	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146
304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
305	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
310	0.0082	0.0000	0.0087	0.0000	0.0000	0.0106	0.0086	0.0133	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000
311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0000
312	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0096	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
314	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0000	0.0121	0.0000	0.0069	0.0000	0.0000
315	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0166	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110	0.0000



(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085
32	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.0136
34	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0000	0.0000	0.0126	0.0160
38	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0135	0.0000
39	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0120	0.0000	0.0000	0.0118	0.0000
40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.0000	0.0135	0.0180	0.0132	0.0168
42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0139	0.0164	0.0141	0.0000	0.0122
43	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0156	0.0156	0.0000	0.0140	0.0134	0.0150
45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0096
46	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108
47	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.0141	0.0161
48	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153
49	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0170	0.0106	0.0159	0.0152
51	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0000	0.0141	0.0162
52	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0184	0.0142	0.0165	0.0137
54	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0170	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143
61	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0242	0.0177
62	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0000	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0162
63	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0000
66	0.0000	0.0138	0.0124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0110	0.0147
71	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
72	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000





(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
192	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
193	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0115	0.0130	0.0000
196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	0.0129	0.0000
203	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
204	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0158	0.0148	0.0136	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0105	0.0000	0.0000	0.0116	0.0078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
228	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0083	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
229	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
251	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
253	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
262	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0000	0.0000
267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
272	0.0000	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086	0.0000	0.0105	0.0000	0.0000





## C6 – ÍNDICE NINO 1+2

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0000	0.0192	0.0091	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0099	0.0192	0.0000	0.0123	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0106	0.0154	0.0171	0.0131	0.0164	0.0108	0.0154	0.0130	0.0131	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0118	0.0185	0.0176	0.0178	0.0126	0.0000	0.0187	0.0136	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0146	0.0183	0.0173	0.0159	0.0135	0.0000	0.0182	0.0153	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0131	0.0186	0.0193	0.0155	0.0142	0.0000	0.0196	0.0170	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0140	0.0185	0.0164	0.0157	0.0147	0.0000	0.0176	0.0155	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0116	0.0154	0.0144	0.0154	0.0161	0.0103	0.0177	0.0121	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0137	0.0171	0.0135	0.0160	0.0190	0.0148	0.0177	0.0171	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0129	0.0000	0.0122	0.0234	0.0139	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0000	0.0146	0.0274	0.0197	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.0134	0.0266	0.0189	0.0000
17	0.0000	0.0132	0.0185	0.0136	0.0135	0.0135	0.0148	0.0117	0.0218	0.0251	0.0287	0.0154
18	0.0000	0.0000	0.0130	0.0138	0.0145	0.0139	0.0163	0.0136	0.0133	0.0239	0.0273	0.0136
20	0.0120	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0183	0.0181	0.0080
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0219	0.0184	0.0000
24	0.0116	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0203	0.0223	0.0197	0.0000
25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0162	0.0177	0.0162	0.0195	0.0151
26	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.0125	0.0205	0.0146	0.0200	0.0170
27	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.0000	0.0157	0.0000	0.0210	0.0119	0.0202	0.0150
28	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0113	0.0212	0.0150	0.0183	0.0111
29	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0123	0.0153	0.0000	0.0109
30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0000	0.0209	0.0176	0.0000



(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
73	0.0145	0.0000	0.0148	0.0209	0.0199	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121
74	0.0146	0.0000	0.0000	0.0158	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
76	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77	0.0164	0.0200	0.0000	0.0158	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
78	0.0184	0.0215	0.0138	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82	0.0198	0.0242	0.0192	0.0167	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
83	0.0203	0.0242	0.0189	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
86	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
89	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
91	0.0164	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
92	0.0226	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0206	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
94	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
95	0.0184	0.0188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.0000
97	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
98	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
99	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.0000
103	0.0265	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0187	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0129	0.0000
111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
112	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
114	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0225	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
115	0.0137	0.0000	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0150	0.0000	0.0165
117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0157	0.0113	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.0000
121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.0000	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.0000	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0195	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0127	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000
127	0.0000	0.0000	0.0143	0.0175	0.0000	0.0117	0.0000	0.0000	0.0156	0.0000	0.0000	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0000
132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0185	0.0173	0.0000	0.0000
135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0169	0.0174	0.0000	0.0000
139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0148	0.0180	0.0000	0.0000
141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0203	0.0190	0.0000	0.0000
143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0092	0.0246	0.0242	0.0000	0.0000
144	0.0112	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0244	0.0223	0.0000	0.0000
148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0184	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157
154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0000	0.0088	0.0000
155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.0204	0.0155	0.0203	0.0131	0.0142	0.0000
156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0118	0.0126	0.0000
162	0.0000	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0000	0.0125	0.0000
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0158	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0148	0.0281	0.0168	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0095	0.0000	0.0000	0.0000	0.0232	0.0264	0.0109	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0233	0.0286	0.0109	0.0000
178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0233	0.0286	0.0109	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0134	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0215	0.0189	0.0000	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0218	0.0188	0.0000	0.0000
195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0000	0.0126	0.0000	0.0000	0.0122	0.0000
196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0120	0.0126
203	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0000	0.0146	0.0139	0.0000
204	0.0350	0.0235	0.0141	0.0176	0.0203	0.0178	0.0161	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
215	0.0224	0.0000	0.0000	0.0145	0.0000	0.0158	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0235	0.0191	0.0117	0.0000
227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0089	0.0161	0.0144	0.0000	0.0000
228	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0162	0.0142	0.0000	0.0000
229	0.0073	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0082	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0076	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.0000	0.0111	0.0120	0.0000
249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0185	0.0216	0.0000	0.0148
251	0.0111	0.0000	0.0000	0.0191	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0195	0.0121	0.0000	0.0000
252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0202	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0243	0.0089	0.0000	0.0000
253	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0235	0.0155	0.0000	0.0000
257	0.0121	0.0000	0.0000	0.0124	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0140	0.0151	0.0000	0.0000
261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0000
262	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0135	0.0000	0.0129	0.0110	0.0000
267	0.0162	0.0142	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
272	0.0293	0.0327	0.0259	0.0215	0.0166	0.0129	0.0172	0.0096	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(conclusão)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
275	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0154	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
276	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0177
277	0.0357	0.0198	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0000	0.0000	0.0192	0.0000	0.0000	0.0000
278	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0131	0.0000	0.0000	0.0152	0.0148	0.0090	0.0101	0.0000
279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	0.0073	0.0000	0.0000	0.0000	0.0092	0.0000	0.0000	0.0000
280	0.0345	0.0231	0.0137	0.0180	0.0207	0.0181	0.0164	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
281	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0131	0.0000	0.0234	0.0183	0.0000	0.0000
284	0.0345	0.0239	0.0126	0.0176	0.0186	0.0176	0.0164	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
285	0.0081	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0114	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0000
286	0.0248	0.0216	0.0211	0.0151	0.0280	0.0212	0.0167	0.0115	0.0149	0.0000	0.0115	0.0142
287	0.0092	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0000
290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0135	0.0126	0.0000
304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
305	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0089	0.0079	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0000
311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0112	0.0000	0.0139	0.0264	0.0000
312	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0000	0.0126	0.0270	0.0000
314	0.0150	0.0098	0.0000	0.0000	0.0126	0.0102	0.0081	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000
315	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0000	0.0000	0.0120	0.0000	0.0153	0.0290	0.0000

## C7 – ÍNDICE NINO 3

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0235	0.0212	0.0231	0.0096	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0235	0.0212	0.0231	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0227	0.0169	0.0178	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0237	0.0314	0.0350	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0272	0.0325	0.0309	0.0145	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0248	0.0303	0.0312	0.0149	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0251	0.0326	0.0323	0.0165	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	0.0251	0.0279	0.0298	0.0180	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0225	0.0297	0.0344	0.0177	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0251	0.0282	0.0337	0.0202	0.0000	0.0000
14	0.0138	0.0133	0.0098	0.0000	0.0132	0.0000	0.0000	0.0133	0.0218	0.0106	0.0000	0.0000
15	0.0147	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0215	0.0302	0.0168	0.0000	0.0000
16	0.0153	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0207	0.0325	0.0166	0.0000	0.0000
17	0.0122	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0236	0.0280	0.0319	0.0113	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0178	0.0000	0.0000	0.0116	0.0000	0.0283	0.0269	0.0289	0.0128	0.0105	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0251	0.0310	0.0367	0.0210	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0221	0.0288	0.0342	0.0153	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0216	0.0314	0.0123	0.0000	0.0000
25	0.0000	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0207	0.0201	0.0268	0.0111	0.0000	0.0000
26	0.0000	0.0130	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0269	0.0230	0.0312	0.0130	0.0000	0.0000
27	0.0000	0.0135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0273	0.0210	0.0300	0.0000	0.0000	0.0000
28	0.0000	0.0000	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0247	0.0185	0.0318	0.0106	0.0000	0.0000
29	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0136	0.0296	0.0359	0.0209	0.0000	0.0000
30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0160	0.0332	0.0382	0.0217	0.0000	0.0000







(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
115	0.0280	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000
117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0150	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.0000	0.0000	0.0000
121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110	0.0158	0.0000	0.0000	0.0158	0.0147	0.0194	0.0000	0.0000
122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0000	0.0000	0.0141	0.0179	0.0163	0.0000	0.0000
123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0158	0.0209	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0000	0.0000	0.0000
124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0185	0.0132	0.0000
126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0000	0.0095	0.0151	0.0319	0.0176	0.0126	0.0000
127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0165	0.0252	0.0333	0.0144	0.0087	0.0000
130	0.0000	0.0148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0131	0.0300	0.0000	0.0000	0.0000
132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0185	0.0132	0.0000
133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0185	0.0132	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0224	0.0253	0.0000	0.0000	0.0000
135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0227	0.0239	0.0000	0.0000	0.0000
139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0154	0.0251	0.0257	0.0208	0.0000	0.0000
141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0168	0.0257	0.0202	0.0152	0.0000	0.0000
143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0096	0.0000	0.0256	0.0245	0.0113	0.0000	0.0000
144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0098	0.0275	0.0219	0.0135	0.0000	0.0000
148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0162	0.0226	0.0336	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0000	0.0000	0.0000
154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0136	0.0308	0.0263	0.0207	0.0000	0.0000	0.0000
155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0322	0.0330	0.0231	0.0000	0.0000	0.0000
156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0166	0.0265	0.0308	0.0000	0.0000	0.0000
162	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0190	0.0294	0.0324	0.0273	0.0000	0.0000
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.0200	0.0229	0.0300	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0193	0.0299	0.0290	0.0126	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0218	0.0286	0.0329	0.0148	0.0000	0.0000
178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0218	0.0286	0.0329	0.0148	0.0000	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0286	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0092	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0211	0.0209	0.0000	0.0000	0.0000
192	0.0110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0135	0.0281	0.0323	0.0183	0.0000	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0144	0.0270	0.0342	0.0209	0.0000	0.0000
195	0.0000	0.0172	0.0156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.0209	0.0221	0.0189	0.0000	0.0000
196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.0100	0.0149	0.0128	0.0000
203	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0247	0.0338	0.0205	0.0000	0.0000
204	0.0186	0.0226	0.0268	0.0277	0.0308	0.0179	0.0143	0.0182	0.0142	0.0154	0.0252	0.0126
215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0284	0.0247	0.0000	0.0000	0.0000
227	0.0000	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0297	0.0274	0.0367	0.0159	0.0000	0.0000
228	0.0000	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0309	0.0272	0.0342	0.0167	0.0000	0.0000
229	0.0126	0.0135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0246	0.0250	0.0313	0.0109	0.0000	0.0000
230	0.0124	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0140	0.0248	0.0247	0.0316	0.0114	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0114	0.0000	0.0000	0.0191	0.0000	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000
249	0.0214	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0152	0.0141	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000
251	0.0114	0.0000	0.0000	0.0201	0.0000	0.0189	0.0243	0.0274	0.0259	0.0000	0.0000	0.0000
252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0135	0.0259	0.0292	0.0220	0.0000	0.0000	0.0000
253	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0093	0.0151	0.0237	0.0242	0.0280	0.0000	0.0000	0.0000
257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0145	0.0236	0.0224	0.0279	0.0000	0.0000	0.0000
261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0115	0.0201	0.0177	0.0280	0.0000	0.0000	0.0000
262	0.0000	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0204	0.0132	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000
267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0201	0.0102	0.0185	0.0106	0.0000	0.0000
272	0.0477	0.0337	0.0219	0.0241	0.0133	0.0000	0.0176	0.0236	0.0314	0.0271	0.0260	0.0239

(conclusão)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
275	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0144	0.0200	0.0255	0.0174	0.0000	0.0000
276	0.0209	0.0134	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0182	0.0155	0.0000	0.0000
277	0.0378	0.0194	0.0205	0.0294	0.0316	0.0187	0.0176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0203
278	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0292	0.0291	0.0383	0.0134	0.0119	0.0000
279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0188	0.0192	0.0147	0.0000
280	0.0187	0.0229	0.0266	0.0278	0.0306	0.0175	0.0142	0.0183	0.0140	0.0150	0.0252	0.0124
281	0.0238	0.0163	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0116	0.0000	0.0114	0.0000
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0230	0.0245	0.0147	0.0000	0.0000
284	0.0183	0.0205	0.0255	0.0272	0.0315	0.0170	0.0164	0.0189	0.0142	0.0149	0.0251	0.0123
285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000	0.0000	0.0050	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000
286	0.0244	0.0234	0.0190	0.0257	0.0258	0.0274	0.0142	0.0000	0.0164	0.0183	0.0154	0.0203
287	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000
290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0162	0.0252	0.0000	0.0174	0.0000
304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0152	0.0218	0.0243	0.0229	0.0302	0.0134	0.0000	0.0000
305	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0152	0.0218	0.0243	0.0229	0.0302	0.0134	0.0000	0.0000
310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0152	0.0261	0.0215	0.0212	0.0000
311	0.0000	0.0255	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0207	0.0172	0.0000	0.0000	0.0000
312	0.0000	0.0252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0191	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000
314	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0250	0.0261	0.0271	0.0252	0.0000
315	0.0000	0.0254	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.0205	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000

## C8 – ÍNDICE NINO 3.4

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.0000	0.0198	0.0231	0.0165	0.0095	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.0000	0.0198	0.0231	0.0165	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.0115	0.0262	0.0226	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.0315	0.0243	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0198	0.0285	0.0222	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0188	0.0263	0.0218	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0273	0.0226	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0201	0.0249	0.0258	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0215	0.0248	0.0290	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0163	0.0232	0.0298	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0228	0.0175	0.0219	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0116	0.0000	0.0000	0.0143	0.0127	0.0147	0.0000	0.0119	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0111	0.0000	0.0000	0.0140	0.0148	0.0135	0.0000	0.0130	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0219	0.0194	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0125	0.0105	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0229	0.0237	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0121	0.0000	0.0000	0.0142	0.0143	0.0170	0.0268	0.0285	0.0134	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0163	0.0138	0.0251	0.0260	0.0108	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0144	0.0000	0.0220	0.0247	0.0000	0.0000	0.0000
25	0.0000	0.0161	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0157	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000
26	0.0118	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.0170	0.0234	0.0000	0.0000	0.0000
27	0.0104	0.0151	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0161	0.0246	0.0000	0.0000	0.0000
28	0.0126	0.0142	0.0104	0.0110	0.0000	0.0000	0.0162	0.0162	0.0252	0.0000	0.0000	0.0000
29	0.0000	0.0131	0.0000	0.0112	0.0113	0.0175	0.0201	0.0311	0.0312	0.0148	0.0000	0.0000
30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0257	0.0159	0.0324	0.0336	0.0125	0.0000	0.0000

(continuação)

[illegible]

(continuação)

[illegible]



(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
115	0.0187	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186
117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
123	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186	0.0177	0.0138	0.0132	0.0000
124	0.0122	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0168	0.0205	0.0271	0.0151	0.0109	0.0000
127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0200	0.0201	0.0260	0.0250	0.0108	0.0127	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0183	0.0209	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000
132	0.0122	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133	0.0122	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0218	0.0191	0.0161	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000
135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0198	0.0191	0.0167	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000
139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0161	0.0180	0.0201	0.0178	0.0108	0.0159	0.0000
141	0.0000	0.0147	0.0000	0.0119	0.0193	0.0176	0.0128	0.0228	0.0150	0.0105	0.0000	0.0000
143	0.0000	0.0120	0.0000	0.0000	0.0181	0.0204	0.0203	0.0260	0.0199	0.0000	0.0000	0.0000
144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.0232	0.0205	0.0232	0.0186	0.0000	0.0000	0.0000
148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0187	0.0221	0.0282	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164	0.0211	0.0285	0.0227	0.0195	0.0150	0.0090	0.0000	0.0000
155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0202	0.0193	0.0230	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000
156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0133	0.0000	0.0190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0248	0.0305	0.0243	0.0182	0.0000	0.0000
169	0.0085	0.0125	0.0100	0.0000	0.0144	0.0180	0.0305	0.0239	0.0187	0.0000	0.0000	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0231	0.0283	0.0233	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0000	0.0114	0.0091	0.0000	0.0119	0.0204	0.0251	0.0224	0.0179	0.0000	0.0000	0.0000
178	0.0000	0.0114	0.0091	0.0000	0.0119	0.0204	0.0251	0.0224	0.0179	0.0000	0.0000	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0137	0.0000	0.0000	0.0125
190	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0271	0.0302	0.0149	0.0000	0.0000	0.0000
192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0124	0.0142	0.0260	0.0191	0.0141	0.0000	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0189	0.0000	0.0168	0.0239	0.0201	0.0140	0.0142	0.0000
195	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0245	0.0265	0.0157	0.0142	0.0000	0.0000
196	0.0000	0.0000	0.0075	0.0091	0.0000	0.0158	0.0150	0.0179	0.0166	0.0095	0.0000	0.0116
203	0.0000	0.0094	0.0000	0.0116	0.0000	0.0148	0.0183	0.0295	0.0269	0.0000	0.0000	0.0000
204	0.0129	0.0259	0.0249	0.0246	0.0307	0.0282	0.0000	0.0127	0.0175	0.0158	0.0229	0.0000
215	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.0166	0.0236	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
227	0.0095	0.0000	0.0000	0.0118	0.0000	0.0115	0.0227	0.0204	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000
228	0.0098	0.0000	0.0000	0.0107	0.0000	0.0114	0.0226	0.0210	0.0190	0.0000	0.0000	0.0000
229	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.0178	0.0255	0.0201	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0140	0.0174	0.0263	0.0205	0.0000	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0177	0.0296	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000
249	0.0230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0154	0.0154	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
251	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0204	0.0226	0.0266	0.0313	0.0205	0.0098	0.0000	0.0097
252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0177	0.0264	0.0286	0.0294	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000
253	0.0000	0.0000	0.0000	0.0121	0.0215	0.0255	0.0284	0.0333	0.0233	0.0101	0.0000	0.0000
257	0.0078	0.0000	0.0000	0.0108	0.0158	0.0158	0.0312	0.0275	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000
261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.0299	0.0277	0.0151	0.0000	0.0000	0.0000
262	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0205	0.0285	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000
267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0237	0.0245	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000
272	0.0291	0.0325	0.0292	0.0297	0.0306	0.0236	0.0128	0.0209	0.0369	0.0398	0.0230	0.0133

(conclusão)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
275	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.0214	0.0296	0.0101	0.0000	0.0000
276	0.0243	0.0123	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0223	0.0168	0.0137	0.0000	0.0000
277	0.0237	0.0303	0.0388	0.0393	0.0400	0.0228	0.0181	0.0156	0.0186	0.0252	0.0176	0.0132
278	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0207	0.0258	0.0385	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0161	0.0183	0.0159	0.0000	0.0000
280	0.0129	0.0253	0.0248	0.0243	0.0313	0.0290	0.0000	0.0123	0.0168	0.0146	0.0228	0.0096
281	0.0225	0.0132	0.0168	0.0266	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0158	0.0147	0.0000	0.0106
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0125	0.0000	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
284	0.0117	0.0242	0.0259	0.0250	0.0307	0.0283	0.0000	0.0136	0.0165	0.0143	0.0232	0.0105
285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0136	0.0083	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000
286	0.0208	0.0159	0.0219	0.0246	0.0291	0.0215	0.0178	0.0138	0.0164	0.0205	0.0270	0.0170
287	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0119	0.0089	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000
290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0204	0.0204	0.0000	0.0192	0.0170
304	0.0212	0.0123	0.0000	0.0000	0.0153	0.0264	0.0329	0.0340	0.0284	0.0114	0.0000	0.0099
305	0.0212	0.0123	0.0000	0.0000	0.0153	0.0264	0.0329	0.0340	0.0284	0.0114	0.0000	0.0099
310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0210	0.0221	0.0259	0.0091	0.0000	0.0000
311	0.0102	0.0140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0188	0.0145	0.0000	0.0000	0.0113
312	0.0000	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0144	0.0000	0.0000	0.0114
314	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0212	0.0289	0.0220	0.0186	0.0000
315	0.0107	0.0123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.0152	0.0000	0.0000	0.0107

## C9 – ÍNDICE NINO 4

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0000	0.0195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0000	0.0195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0000	0.0122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0000
6	0.0162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0093	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0092	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0226	0.0185	0.0149	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123
15	0.0245	0.0000	0.0000	0.0137	0.0183	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0253	0.0000	0.0000	0.0148	0.0179	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0091	0.0000
17	0.0271	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0000
20	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0127	0.0111	0.0181	0.0201	0.0102	0.0000	0.0000	0.0169
21	0.0189	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0215	0.0212	0.0117	0.0000	0.0104	0.0103
24	0.0165	0.0144	0.0000	0.0000	0.0160	0.0147	0.0131	0.0158	0.0159	0.0000	0.0000	0.0104
25	0.0158	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	0.0193	0.0142	0.0000	0.0098	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27	0.0201	0.0165	0.0000	0.0000	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079
28	0.0241	0.0178	0.0000	0.0000	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138
29	0.0132	0.0145	0.0089	0.0188	0.0157	0.0205	0.0245	0.0235	0.0000	0.0135	0.0135	0.0113
30	0.0154	0.0000	0.0000	0.0147	0.0203	0.0238	0.0284	0.0274	0.0140	0.0000	0.0132	0.0000





(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
115	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0000
117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0138
122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0192	0.0236
123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.0175
124	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0204	0.0197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126	0.0116	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0090	0.0000	0.0130	0.0147	0.0137
127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0220	0.0175	0.0193	0.0138	0.0148	0.0000	0.0201	0.0236
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0149	0.0000	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.0209
132	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0204	0.0197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0204	0.0197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0090	0.0273	0.0271	0.0227	0.0217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
135	0.0089	0.0000	0.0000	0.0269	0.0270	0.0247	0.0224	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0000
139	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0228	0.0000	0.0000	0.0108	0.0145	0.0140
141	0.0146	0.0000	0.0119	0.0219	0.0226	0.0262	0.0183	0.0188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
143	0.0089	0.0000	0.0099	0.0198	0.0255	0.0262	0.0271	0.0239	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
144	0.0101	0.0000	0.0091	0.0220	0.0253	0.0274	0.0302	0.0265	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
148	0.0128	0.0000	0.0096	0.0131	0.0180	0.0153	0.0200	0.0212	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0168
154	0.0199	0.0152	0.0153	0.0238	0.0276	0.0240	0.0247	0.0266	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076
155	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0155	0.0130	0.0161	0.0126	0.0000	0.0148	0.0121	0.0131
156	0.0133	0.0000	0.0000	0.0112	0.0150	0.0108	0.0114	0.0000	0.0000	0.0130	0.0165	0.0152
162	0.0122	0.0126	0.0000	0.0000	0.0135	0.0115	0.0251	0.0155	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000
169	0.0193	0.0125	0.0000	0.0087	0.0145	0.0128	0.0114	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128
172	0.0234	0.0185	0.0000	0.0000	0.0189	0.0155	0.0117	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
176	0.0201	0.0197	0.0000	0.0000	0.0197	0.0136	0.0113	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
178	0.0201	0.0197	0.0000	0.0000	0.0197	0.0136	0.0113	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
189	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0189	0.0136	0.0236	0.0269	0.0175	0.0000	0.0000	0.0110	0.0287
192	0.0000	0.0000	0.0153	0.0310	0.0204	0.0200	0.0179	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0128	0.0329	0.0228	0.0196	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0207	0.0189	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0183
196	0.0000	0.0000	0.0067	0.0096	0.0156	0.0254	0.0182	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0130
203	0.0164	0.0136	0.0000	0.0148	0.0129	0.0154	0.0213	0.0228	0.0000	0.0115	0.0157	0.0000
204	0.0100	0.0000	0.0153	0.0167	0.0202	0.0144	0.0000	0.0231	0.0153	0.0086	0.0000	0.0000
215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
217	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.0132	0.0119	0.0193	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
227	0.0114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0070	0.0075	0.0125	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
228	0.0115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0082	0.0123	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
229	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.0151	0.0111	0.0000	0.0000	0.0085	0.0200
249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
251	0.0285	0.0145	0.0116	0.0143	0.0198	0.0240	0.0221	0.0262	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133
252	0.0265	0.0157	0.0102	0.0134	0.0201	0.0257	0.0223	0.0294	0.0090	0.0000	0.0000	0.0150
253	0.0307	0.0195	0.0163	0.0212	0.0214	0.0300	0.0238	0.0294	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
257	0.0261	0.0182	0.0156	0.0210	0.0207	0.0236	0.0181	0.0254	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
261	0.0278	0.0208	0.0137	0.0130	0.0156	0.0263	0.0159	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
262	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0137	0.0166	0.0123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0198
267	0.0188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
272	0.0112	0.0240	0.0307	0.0273	0.0211	0.0297	0.0274	0.0359	0.0216	0.0074	0.0123	0.0000



(conclusão)

Código usina	Defasagem											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
275	0.0115	0.0124	0.0075	0.0000	0.0212	0.0168	0.0000	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
276	0.0198	0.0166	0.0000	0.0000	0.0000	0.0155	0.0093	0.0115	0.0000	0.0000	0.0131	0.0104
277	0.0224	0.0226	0.0299	0.0368	0.0274	0.0245	0.0270	0.0324	0.0176	0.0214	0.0000	0.0000
278	0.0105	0.0000	0.0000	0.0000	0.0130	0.0171	0.0376	0.0273	0.0220	0.0000	0.0174	0.0120
279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085	0.0174	0.0000	0.0077	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
280	0.0104	0.0000	0.0148	0.0165	0.0204	0.0145	0.0099	0.0232	0.0152	0.0084	0.0000	0.0000
281	0.0240	0.0170	0.0160	0.0265	0.0000	0.0112	0.0105	0.0205	0.0195	0.0173	0.0282	0.0260
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0126	0.0000	0.0185	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0129
284	0.0100	0.0089	0.0129	0.0165	0.0198	0.0146	0.0100	0.0233	0.0148	0.0000	0.0000	0.0000
285	0.0000	0.0070	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0054
286	0.0103	0.0273	0.0214	0.0260	0.0181	0.0109	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
287	0.0000	0.0064	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.0081	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049
290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134
304	0.0137	0.0179	0.0110	0.0145	0.0229	0.0223	0.0191	0.0127	0.0000	0.0000	0.0177	0.0098
305	0.0137	0.0179	0.0110	0.0145	0.0229	0.0223	0.0191	0.0127	0.0000	0.0000	0.0177	0.0098
310	0.0000	0.0093	0.0000	0.0165	0.0168	0.0162	0.0171	0.0158	0.0000	0.0120	0.0120	0.0000
311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0213	0.0196
312	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0216	0.0173
314	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	0.0098	0.0111	0.0000	0.0098	0.0079	0.0000
315	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0184	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.0201

APÊNDICE D – PARÂMETRO K PARA INFORMAÇÃO MÚTUA (MI)

K	Nível de decomposição							
	1	2	3	4	5	6	7	8
4	0.0123	0.0303	0.0023	0.0413	0.0133	-0.0003	0.0024	-0.0307
5	0.0078	0.0287	0.0008	0.0393	0.0094	0.0092	0.0061	-0.0215
6	0.0004	0.0042	0.0025	0.0354	0.0155	0.0133	0.0195	-0.0199
7	0.0036	-0.0004	0.0049	0.0346	0.0140	0.0109	0.0274	-0.0212
8	0.0038	-0.0074	0.0036	0.0344	0.0075	0.0103	0.0250	-0.0285
9	0.0033	-0.0059	0.0034	0.0369	0.0153	0.0134	0.0291	-0.0234
10	0.0039	-0.0038	-0.0004	0.0299	0.0214	0.0090	0.0208	-0.0201
11	0.0022	-0.0107	0.0002	0.0266	0.0251	0.0045	0.0204	-0.0207
12	0.0034	-0.0128	-0.0026	0.0214	0.0250	0.0059	0.0195	-0.0180
13	0.0049	-0.0058	-0.0009	0.0177	0.0237	0.0081	0.0196	-0.0160
14	0.0035	-0.0101	0.0010	0.0138	0.0259	0.0049	0.0165	-0.0150
15	-0.0030	-0.0082	0.0003	0.0107	0.0263	0.0003	0.0149	-0.0114
16	-0.0053	-0.0112	0.0001	0.0071	0.0262	-0.0009	0.0117	-0.0102
17	-0.0036	-0.0101	-0.0019	-0.0008	0.0230	-0.0010	0.0094	-0.0095
18	0.0001	-0.0096	-0.0010	-0.0038	0.0225	0.0015	0.0101	-0.0102
19	0.0000	-0.0121	0.0015	-0.0020	0.0225	-0.0003	0.0092	-0.0075
20	0.0017	-0.0117	-0.0024	-0.0059	0.0209	-0.0020	0.0093	-0.0100
21	0.0013	-0.0075	-0.0011	-0.0036	0.0210	-0.0018	0.0103	-0.0084
22	0.0037	-0.0076	-0.0027	-0.0047	0.0206	0.0000	0.0065	-0.0059
23	0.0045	-0.0081	-0.0045	-0.0045	0.0183	0.0021	0.0051	-0.0064
24	0.0050	-0.0073	-0.0047	-0.0055	0.0211	0.0017	0.0061	-0.0061
25	0.0039	-0.0046	-0.0025	-0.0091	0.0213	0.0008	0.0051	-0.0066
26	0.0030	-0.0053	-0.0034	-0.0092	0.0180	0.0008	0.0057	-0.0058
27	0.0041	-0.0032	-0.0023	-0.0088	0.0169	0.0005	0.0062	-0.0055
28	0.0045	-0.0025	-0.0024	-0.0096	0.0165	-0.0028	0.0031	-0.0045
29	0.0046	-0.0020	-0.0029	-0.0102	0.0166	-0.0053	0.0036	-0.0057
30	0.0059	-0.0004	-0.0023	-0.0107	0.0143	-0.0057	0.0030	-0.0046



(continuação)

[illegible]

(continuação)

Código usina	Nível de decomposição							
	1	2	3	4	5	6	7	8
73	0.0000	0.0000	0.0000	0.0298	0.0427	0.0555	0.0190	0.0000
74	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0226	0.0000	0.0000	0.0000
76	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77	0.0000	0.0000	0.0000	0.0155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
78	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0178	0.0000	0.0266	0.0211
83	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0000	0.0260	0.0200
86	0.0530	0.0000	0.0000	0.0224	0.0172	0.0000	0.0225	0.0000
89	0.0000	0.0349	0.0000	0.0150	0.0326	0.0000	0.0000	0.0000
90	0.0000	0.0262	0.0000	0.0161	0.0341	0.0000	0.0000	0.0137
91	0.0000	0.0000	0.0000	0.0219	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
92	0.2054	0.0260	0.0000	0.0000	0.0147	0.0000	0.0000	0.0162
93	0.0455	0.0000	0.0000	0.0219	0.0000	0.0000	0.0489	0.0207
94	0.0827	0.0000	0.0000	0.0000	0.0309	0.0000	0.0000	0.0000
95	0.0000	0.0312	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0339	0.0000
97	0.0167	0.0000	0.0000	0.0239	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000
98	0.0000	0.0458	0.0000	0.0186	0.0194	0.0000	0.0475	0.0151
99	0.0000	0.0000	0.0000	0.0277	0.0339	0.0148	0.0000	0.0000
101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0381	0.0000	0.0000	0.0000
102	0.2201	0.0327	0.0000	0.0000	0.0158	0.0000	0.0000	0.0198
103	0.2744	0.0862	0.0456	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0478	0.0170
111	0.0000	0.0512	0.0468	0.0000	0.0446	0.0000	0.0203	0.0000
112	0.0000	0.0503	0.0479	0.0130	0.0463	0.0000	0.0181	0.0000
113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0284	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
114	0.0000	0.0000	0.0000	0.0361	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Nível de decomposição							
	1	2	3	4	5	6	7	8
115	0.0420	0.0000	0.0737	0.0263	0.0468	0.0312	0.0000	0.0000
117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132
121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0878	0.0000	0.0353	0.0000	0.0000
122	0.0458	0.0000	0.0407	0.0441	0.0591	0.0000	0.0155	0.0000
123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0566	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0234	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0185	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0566	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0566	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0398	0.0928	0.0000	0.0426	0.0195
135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0267	0.0519	0.0000	0.0000	0.0250
139	0.0152	0.0000	0.0000	0.0598	0.0332	0.0400	0.0000	0.0000
141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0853	0.0000	0.0367	0.0000	0.0000
143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0385	0.0156	0.0000	0.0274	0.0000
144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0411	0.0157	0.0000	0.0273	0.0000
148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0859	0.0337	0.0000	0.0000	0.0000
153	0.0233	0.0000	0.1094	0.0274	0.0430	0.0181	0.0000	0.0000
154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0374	0.0000	0.0358	0.0000	0.0000
155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0643	0.0502	0.0000	0.0000	0.0000
156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0383	0.0000	0.0178	0.0000	0.0000
162	0.0000	0.0000	0.0300	0.0507	0.0459	0.0000	0.0000	0.0000
169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0320	0.0000	0.0316	0.0183	0.0000
172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0374	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Nível de decomposição							
	1	2	3	4	5	6	7	8
176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0000	0.0217	0.0000	0.0000
178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0000	0.0217	0.0000	0.0000
189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0227	0.0000	0.0167	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0432	0.0968	0.0000	0.0000	0.0000
192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0394	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0392	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0355	0.0139	0.0000	0.0235	0.0183
196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0495	0.0324	0.0270	0.0207	0.0000
203	0.0000	0.0000	0.0361	0.0516	0.0310	0.0000	0.0000	0.0000
204	0.1092	0.0306	0.0000	0.0577	0.0544	0.0261	0.0000	0.0000
215	0.0608	0.0691	0.0490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0233
217	0.0000	0.0000	0.0334	0.0538	0.0000	0.0000	0.0209	0.0000
227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0216	0.0000	0.0151
228	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0000	0.0211	0.0000	0.0168
229	0.0000	0.0000	0.0000	0.0261	0.0000	0.0198	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0257	0.0000	0.0201	0.0000	0.0000
241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0733	0.0365	0.0000	0.0000	0.0000
249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
251	0.0166	0.0000	0.0000	0.0527	0.0000	0.0520	0.0220	0.0280
252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0598	0.0000	0.0550	0.0208	0.0241
253	0.0000	0.0000	0.0000	0.0592	0.0000	0.0617	0.0270	0.0221
257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0252	0.0000	0.0422	0.0000	0.0000
261	0.0000	0.0000	0.0000	0.0273	0.0000	0.0399	0.0000	0.0281
262	0.0000	0.0000	0.0136	0.0777	0.0336	0.0000	0.0164	0.0000
267	0.0000	0.0000	0.0152	0.0401	0.0955	0.0000	0.0148	0.0000
272	0.0522	0.0557	0.1262	0.0866	0.0374	0.0000	0.0000	0.0000

(continuação)

Código usina	Nível de decomposição							
	1	2	3	4	5	6	7	8
275	0.0000	0.0000	0.0000	0.0168	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157
276	0.0795	0.0143	0.0270	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
277	0.0000	0.0152	0.0000	0.0170	0.0255	0.0000	0.0450	0.0251
278	0.0000	0.0000	0.0000	0.0707	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0214
280	0.1091	0.0312	0.0000	0.0576	0.0539	0.0263	0.0000	0.0000
281	0.0000	0.0000	0.0180	0.0443	0.0406	0.0000	0.0000	0.0000
283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
284	0.1109	0.0339	0.0000	0.0552	0.0557	0.0255	0.0000	0.0000
285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0164	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
286	0.0000	0.0000	0.0000	0.0243	0.0382	0.0000	0.0000	0.0000
287	0.0200	0.0000	0.0000	0.0486	0.0000	0.0199	0.0000	0.0000
290	0.0195	0.0454	0.0000	0.0124	0.0726	0.0000	0.0250	0.0000
304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0535	0.0000	0.0000	0.0260	0.0000
305	0.0000	0.0000	0.0000	0.0535	0.0000	0.0000	0.0260	0.0000
310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0187
311	0.0000	0.0000	0.0402	0.0000	0.0177	0.0000	0.0000	0.0000
312	0.0000	0.0000	0.0393	0.0000	0.0201	0.0000	0.0000	0.0000
314	0.0000	0.0000	0.0000	0.0152	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
315	0.0000	0.0000	0.0380	0.0121	0.0221	0.0000	0.0000	0.0000



APÊNDICE F – RESULTADOS DE MÁXIMA TE E MI

(continua)

Código da Usina	Defasagem							Nível de decomposição		
	BEST	MEI	ONI	SOI	TNI	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	Índice
1	-	6	8	10	-	9	7	8	7	ONI
2	-	6	8	10	-	9	7	8	7	ONI
4	-	6	7	5	2	-	7	7	5	ONI
6	-	8	8	8	5	5	9	8	1	ONI
7	-	8	8	8	-	9	8	8	1	ONI
8	-	8	8	8	5	4	9	8	1	NINO3
9	-	8	8	8	5	9	8	8	1	NINO3
10	-	9	8	10	5	4	9	9	1	ONI
11	-	9	8	9	-	9	9	9	1	NINO3
12	-	8	8	10	-	7	9	9	1	NINO3
14	6	7	6	9	6	10	9	4	5	ONI
15	9	8	7	6	6	10	9	6	1	NINO3
16	9	8	7	6	6	10	9	5	1	NINO3
17	-	8	8	9	4	11	9	8	1	NINO3
18	8	8	8	11	-	11	9	9	1	NINO3
20	8	8	9	7	-	10	9	9	8	NINO3
21	8	5	9	6	-	10	9	9	7	NINO3
24	8	7	9	7	-	10	9	9	1	NINO3
25	-	8	9	5	12	11	9	7	5	NINO3
26	-	8	9	5	12	9	9	9	1	NINO3
27	-	8	9	6	11	9	9	9	1	NINO3
28	-	8	1	3	-	9	9	9	1	NINO3
29	-	7	8	7	-	10	9	9	7	ONI
30	10	7	8	7	-	10	9	9	7	NINO3
31	-	12	9	6	12	11	9	9	1	NINO3
32	1	7	9	6	-	9	9	9	1	ONI
33	-	8	9	7	12	10	9	9	7	NINO3
34	5	8	7	7	-	11	7	8	7	NINO3

(continuação)

Defasagem											
Código da Usina	BEST	MEI	ONI	SOI	TNI	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	Índice	Nível de decomposição
37	1	6	6	5	12	10	8	7	-	NINO34	4
38	1	6	7	5	11	11	8	7	11	NINO12	3
39	1	-	7	5	7	10	8	7	-	NINO12	3
40	1	-	8	8	10	11	8	7	12	NINO4	3
42	-	6	7	8	9	11	8	7	11	NINO3	5
43	1	6	1	8	7	4	8	7	11	NINO3	5
45	8	8	8	7	12	5	7	8	7	NINO3	4
46	8	6	8	7	12	10	7	8	12	NINO3	4
47	9	7	8	6	12	8	1	8	-	MEI	5
48	9	7	8	6	12	8	1	8	-	MEI	5
49	9	7	8	-	4	10	1	1	-	MEI	-
50	9	7	8	11	9	8	1	1	-	NINO34	1
51	9	7	8	11	9	8	1	1	-	NINO34	1
52	9	7	8	11	9	8	1	1	-	NINO3	1
54	-	3	-	-	6	1	5	-	-	NINO12	3
57	7	5	2	-	7	1	3	7	-	MEI	3
61	-	4	3	-	11	5	3	3	-	TNI	2
62	-	4	-	-	11	2	10	3	-	MEI	6
63	-	4	-	11	11	9	-	-	-	MEI	6
66	11	7	2	7	10	11	1	1	-	NINO3	1
71	-	6	1	-	7	5	2	-	-	NINO12	6
72	-	6	1	-	7	5	3	-	-	NINO12	-
73	5	6	6	-	12	4	2	-	-	NINO12	6
74	7	1	2	5	1	4	11	3	7	SOI	5
76	7	1	7	5	1	1	7	3	-	SOI	-
77	7	1	12	5	1	2	7	4	-	BEST	4
78	7	-	-	5	7	2	7	3	3	BEST	4
82	3	-	-	-	7	2	-	3	-	NINO12	7
83	3	-	-	-	7	2	-	3	-	NINO12	7
86	2	-	2	-	1	-	-	1	2	ONI	1

(continuação)

Código da Usina	Defasagem							Nível de decomposição		
	BEST	MEI	ONI	SOI	TNI	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	Índice
89	3	1	1	3	12	-	1	1	8	BEST
90	3	1	1	-	7	7	1	10	-	BEST
91	4	1	2	-	-	1	8	7	2	NINO34
92	4	1	1	-	-	1	7	7	2	ONI
93	-	1	2	3	3	-	3	3	3	ONI
94	2	3	2	1	3	7	3	3	-	SOI
95	2	1	7	-	-	2	1	7	-	BEST
97	2	-	6	-	-	5	7	-	4	NINO3
98	2	-	6	-	-	5	12	-	8	BEST
99	2	-	-	-	-	-	3	3	3	NINO4
101	4	1	3	-	-	7	2	3	3	NINO4
102	4	1	3	-	-	7	2	3	3	MEI
103	2	2	1	6	6	1	1	7	3	NINO12
110	2	3	10	11	9	6	11	3	3	BEST
111	-	-	-	12	-	-	1	3	3	SOI
112	-	-	-	12	-	-	1	3	3	SOI
113	-	-	-	12	-	-	3	3	3	NINO3
114	1	-	12	12	1	7	3	3	3	NINO3
115	4	1	1	3	12	12	1	1	1	TNI
117	11	8	12	1	8	9	9	10	12	NINO3
120	-	-	1	7	7	11	9	-	-	TNI
121	-	-	9	1	8	7	10	-	11	NINO3
122	-	-	3	7	8	5	9	-	12	NINO4
123	9	8	8	7	7	7	5	8	12	NINO3
124	-	7	8	11	-	-	9	7	5	ONI
126	-	6	7	5	-	9	9	9	7	NINO3
127	-	7	8	5	1	4	9	8	12	NINO3
130	-	7	7	7	-	4	9	8	12	NINO3
132	-	7	8	11	-	-	9	7	5	ONI
133	-	7	8	11	-	-	9	7	5	ONI

(continuação)

Código da Usina	Defasagem										Índice	Nível de decomposição
	BEST	MEI	ONI	SOI	TNI	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4			
134	-	7	7	4	-	9	9	6	4	NINO4	5	
135	-	7	7	4	-	10	9	6	5	NINO4	5	
139	-	6	8	5	1	10	9	8	7	MEI	4	
141	-	7	8	-	-	9	8	8	6	NINO4	4	
143	-	6	8	5	-	9	8	8	7	ONI	4	
144	-	7	8	10	-	9	8	6	7	ONI	4	
148	-	6	7	5	-	9	8	7	8	NINO3	4	
153	9	7	-	12	12	12	9	-	12	TNI	3	
154	9	6	7	7	4	9	7	6	5	NINO3	4	
155	8	7	8	8	-	7	8	8	7	NINO3	4	
156	-	7	6	5	-	9	9	8	11	NINO3	4	
162	-	7	8	5	4	2	9	8	7	ONI	4	
169	5	7	7	-	2	10	9	7	1	ONI	4	
172	5	6	7	6	4	10	8	7	1	ONI	4	
176	5	6	7	6	4	10	9	7	1	NINO3	6	
178	5	6	7	6	4	10	9	7	1	NINO3	6	
189	-	11	9	5	5	10	9	8	1	NINO3	4	
190	-	8	8	8	-	4	8	8	12	NINO34	5	
192	-	7	7	7	1	9	9	8	4	NINO3	4	
193	-	7	8	-	1	9	9	8	4	NINO3	4	
195	-	7	8	6	11	8	9	8	6	ONI	4	
196	9	8	9	3	11	5	10	8	6	NINO4	4	
203	-	7	8	7	-	10	9	8	8	ONI	4	
204	4	3	5	8	-	1	5	5	8	NINO12	1	
215	-	-	-	9	-	1	6	7	-	NINO12	2	
217	10	7	7	5	-	9	8	8	7	NINO3	4	
227	-	-	8	4	7	9	9	7	8	NINO3	6	
228	-	-	8	4	7	9	9	7	8	NINO3	6	
229	-	-	8	4	-	9	9	8	-	NINO3	4	
230	-	-	8	4	-	9	9	8	8	NINO3	4	

(conclusão)

Código da Usina	Defasagem										Nível de decomposição	
	BEST	MEI	ONI	SOI	TNI	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	Índice		
241	-	7	8	8	-	8	7	8	12	ONI	4	
249	-	7	8	11	5	10	1	1	-	MEI	-	
251	-	7	6	5	-	9	8	8	1	ONI	4	
252	-	8	6	5	-	9	8	8	8	ONI	4	
253	-	7	6	5	-	9	9	8	1	ONI	6	
257	-	7	7	5	-	10	9	7	1	NINO34	6	
261	-	8	7	5	-	11	9	7	1	ONI	6	
262	8	7	8	8	10	8	7	8	12	NINO34	4	
267	-	-	8	5	-	1	7	8	1	ONI	5	
272	2	4	1	8	2	2	1	10	8	NINO3	3	
275	-	-	9	8	-	5	9	9	5	ONI	4	
276	9	8	8	1	12	12	1	1	1	NINO34	1	
277	3	1	2	3	4	1	1	5	4	ONI	7	
278	10	-	8	6	5	8	9	8	7	ONI	4	
279	-	-	9	5	-	9	10	9	6	ONI	8	
280	5	3	5	8	-	1	5	5	8	NINO12	1	
281	2	12	9	9	6	1	1	4	11	NINO4	4	
283	9	6	9	-	-	9	9	8	7	NINO3	-	
284	4	3	5	8	-	1	5	5	8	NINO12	1	
285	-	-	9	6	-	7	9	7	6	NINO12	4	
286	1	1	9	1	3	5	6	5	2	ONI	5	
287	-	-	9	6	-	6	9	7	6	SOI	4	
290	10	-	8	1	12	10	9	9	12	TNI	5	
304	4	7	8	4	-	-	9	8	5	ONI	4	
305	4	7	8	4	-	-	9	8	5	ONI	4	
310	-	-	9	9	6	11	9	9	7	ONI	8	
311	-	7	8	5	-	11	2	8	11	NINO12	3	
312	-	7	8	5	-	11	2	8	11	NINO12	3	
314	-	-	9	8	-	1	10	9	6	ONI	4	
315	-	7	8	5	-	11	2	8	11	NINO12	3	